



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

EFFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD,  
ABREVIADO SOBRE ÍNDICE DE APTITUD CARDIORRESPIRATORIA Y LA  
SENSIBILIDAD A LA INSULINA EN MUJERES JÓVENES, SEDENTARIAS CON  
DIAGNÓSTICO DE RESISTENCIA A LA INSULINA ESTUDIANTES DE  
PEDAGOGÍA DE LA UMCE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA

AUTORES:

NICOLAS SEBASTIAN MONTECINOS RIQUELME

FRANCISCA ANDREA CHAPARRO MORALES

PROFESOR GUÍA: CESAR OSORIO FUENTEALBA

PROFESOR PATROCINANTE: CLAUDIA VIDAL CERDA

SANTIAGO DE CHILE, MARZO 2017





UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

EFFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD,  
ABREVIADO SOBRE ÍNDICE DE APTITUD CARDIORRESPIRATORIA Y LA  
SENSIBILIDAD A LA INSULINA EN MUJERES JÓVENES, SEDENTARIAS CON  
DIAGNÓSTICO DE RESISTENCIA A LA INSULINA ESTUDIANTES DE  
PEDAGOGÍA DE LA UMCE

(Proyecto MYS, aprobado y financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad  
Metropolitana de Ciencias de la Educación)

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA

AUTORES:

NICOLAS SEBASTIAN MONTECINOS RIQUELME

FRANCISCA ANDREA CHAPARRO MORALES

PROFESOR GUÍA: CESAR OSORIO FUENTEALBA

PROFESOR PATROCINANTE: CLAUDIA VIDAL CERDA

SANTIAGO DE CHILE, MARZO 2017

Autorizado para  
Sibumce Digital

2017, Nicolas Sebastian Montecinos Riquelme y Francisca Andrea Chaparro Morales

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y sus autores.

## AGRADECIMIENTOS

Nicolas Montecinos:

*Agradezco a la profesora Claudia Vidal, por su apoyo y confianza en todo el proceso, al Profesor Cesar Osorio por siempre estar cuando lo necesitamos.*

*Agradezco especialmente a mis padres y a Gabriela por su amor e incondicional apoyo, los amo con todo el corazón.*

Francisca Chaparro:

*Le agradezco primeramente a la profesora Claudia Vidal, ya que sin su ayuda, conocimiento y paciencia no habría sido posible realizar este proyecto, a todas las personas pertenecientes al centro médico UMCE que nos prestaron ayuda y al profesor Cesar Osorio.*

*A mis padres, hermanos y sobrinos por ser siempre un pilar fundamental en cada paso de mi vida y a mis abuelos por estar siempre presente en sus oraciones.*

## **Tabla de contenido**

<b>RESUMEN</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>ABREVIACIONES</b>	viii
<b>1.1 Introducción</b>	2
<b>1.2 Problema de Investigación</b>	3
<b>1.3 Relevancia</b>	5
<b>1.4 Objetivos de Estudio</b>	7
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	8
<b>2.1 Enfermedades Cardiovasculares</b>	9
<b>2.1.1 Etiología.</b>	9
<b>2.1.2 Factores de riesgo cardiovascular.</b>	9
<b>2.1.3 Factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios.</b>	10
<b>2.2 Diabetes Mellitus</b>	12
<b>2.2.1 Definición.</b>	12
<b>2.2.2 Clasificación.</b>	13
<b>2.2.3 Diabetes mellitus tipo 2.</b>	14
<b>2.2.4 Fisiopatología.</b>	14
<b>2.3 Resistencia a la Insulina.</b>	16
<b>2.3.1 Métodos diagnósticos de resistencia a la insulina.</b>	16
<b>2.3.2 Farmacología.</b>	17
<b>2.3.3 Relación terapia farmacológica con cambios de estilo de vida.</b>	18
<b>2.3.4 Ejercicio físico y resistencia a la insulina.</b>	18
<b>2.3.5 Metformina VS ejercicio físico.</b>	19
<b>2.4 Actividad Física</b>	19
<b>2.4.1 Inactividad física.</b>	20
<b>2.4.2 Sedentarismo.</b>	21
<b>2.5 Capacidad aeróbica</b>	21
<b>2.5.1 Consumo máximo de oxígeno.</b>	22
<b>2.5.2 Evaluación de la capacidad aeróbica.</b>	23
<b>2.5.3 Test del escalón de Harvard</b>	24
<b>2.6 Entrenamiento Interválico de alta intensidad</b>	25
<b>2.6.1 Adaptaciones fisiológicas del entrenamiento interválico de alta intensidad.</b>	27
<b>2.7 Hipótesis</b>	31

<b>CAPITULO 3: METODOLOGÍA</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Tipo y Diseño General del Estudio</b>	<b>33</b>
<b>3.2. Variables</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Muestra</b>	<b>34</b>
<b>3.3.1 Universo de estudio.</b>	<b>34</b>
<b>3.3.2 Selección y tamaño muestral.</b>	<b>34</b>
<b>3.3.3 Criterios de inclusión.</b>	<b>35</b>
<b>3.3.4 Criterios de exclusión.</b>	<b>35</b>
<b>3.4. Intervención</b>	<b>35</b>
<b>3.4.1 Descripción de la intervención.</b>	<b>35</b>
<b>3.5 Instrumentos de recolección de datos</b>	<b>37</b>
<b>3.5.1 Test del escalón de Harvard</b>	<b>37</b>
<b>3.5.2 Examen de curva de insulina</b>	<b>38</b>
<b>3.6. Consideraciones Bioéticas</b>	<b>39</b>
<b>3.7. Plan de Análisis de los Resultados</b>	<b>40</b>
<b>3.7.1 Plan de análisis de los resultados.</b>	<b>40</b>
<b>3.7.2 Programa de análisis de los datos.</b>	<b>40</b>
<b>CAPITULO 4: RESULTADOS</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Descripción de la Muestra</b>	<b>42</b>
<b>4.3 Índice de aptitud cardiorrespiratoria</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Insulinemia 120 minutos post 75g de glucosa vía oral.</b>	<b>44</b>
<b>CAPITULO 5: DISCUSIÓN</b>	<b>45</b>
<b>CAPITULO 7: BIBLIOGRAFIA</b>	<b>54</b>
<b>CAPITULO 8: ANEXOS</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 1:</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 2:</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 3:</b>	<b>74</b>
<b>Anexo 4</b>	<b>77</b>
<b>Anexo 5</b>	<b>78</b>

## RESUMEN

**Introducción:** La resistencia a la insulina se presenta con una prevalencia mayor en las mujeres, tanto en Chile como en el mundo, determinado por un trastorno en el metabolismo de la insulina, dificultando la correcta captación celular de glucosa sanguínea. En la actualidad el control de esta condición se hace mayoritariamente por medio de tratamiento farmacológico, sin embargo, el ejercicio físico ha demostrado ser una alternativa igual de efectiva para mejorar la sensibilidad a la insulina. La disponibilidad de tiempo es la principal causa que la población reporta para no hacer ejercicio, por lo que buscar alternativas que faciliten el ejercicio se hace necesario en el manejo kinésico. El entrenamiento interválico de alta intensidad es una modalidad de entrenamiento que ha reportado cambios similares a los conseguidos con los entrenamientos tradicionales, ocupando un tiempo significativamente menor, por lo que lo convierte en una alternativa interesante a estudiar para su futura implementación en el área del tratamiento de pacientes resistentes a la insulina. **Objetivo:** Determinar la efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad desarrollado durante 12 sesiones, en mejorar el índice de aptitud cardiorrespiratoria y la sensibilidad a la insulina en mujeres sedentarias, con diagnóstico de resistencia a la insulina, estudiantes de pedagogía de la UMCE, evaluadas mediante el Test del escalón de Harvard y el examen de curva de insulina. **Materiales y método:** El estudio está definido como una investigación cuantitativa cuasi-experimental. Se implementó un entrenamiento interválico de alta intensidad, bajo el alero del programa de salud cardiovascular de la UMCE, a un grupo de 10 mujeres estudiantes de pedagogía, sedentarias con diagnóstico de resistencia a la insulina, midiendo el cambio del índice de aptitud cardiorrespiratoria por medio de la Test del escalón de Harvard y la sensibilidad a la insulina a través del examen curva de insulina. **Resultados:** El protocolo de 12 sesiones de entrenamiento interválico de alta intensidad no mostró diferencias significativas en los niveles de insulina, pero sí hay una tendencia estadística a la mejora. El índice de aptitud cardiorrespiratoria sí reporta cambios significativos posterior a la intervención. **Conclusiones:** 12 sesiones de entrenamiento interválico de alta intensidad no es suficiente para conseguir cambios significativos en los niveles de insulina en mujeres sedentarias con diagnóstico de resistencia a la insulina estudiantes de pedagogía de la UMCE, pero sí es efectivo para conseguir cambios significativos en la mejora de la capacidad aeróbica. **Palabras claves:** Entrenamiento interválico de alta intensidad, Diabetes Mellitus II, Capacidad aeróbica, estudiantes universitarios, Resistencia a la insulina.

## ABSTRACT

**Background:** Women with insulin resistance have a higher prevalence than men, reporting a disorder in the metabolism of insulin, making it difficult for the body to properly obtain glucose. At present the control of this pathology is done through pharmacological means, however, physical exercise has proved to be an equally effective alternative to improve insulin sensitivity. Time is the main cause that the population reports not to exercise, so looking for alternatives that enhance exercise is necessary in kinesic management. Interval training of high intensity is a training protocol that has reported changes similar to those achieved with traditional training, occupying significantly less time, making it an interesting alternative to study for its future implementation in the area of Rehabilitation of insulin resistant patients.

**Aim:** To determine the effectiveness of a high-intensity interval training during 4 weeks to improve aerobic capacity and insulin resistance in female students of UMCE pedagogy, evaluated using the Harvard Step Test and the insulin curve.

**Materials and methods:** The study is defined as quasi-experimental quantitative research. A high-intensity interval training was carried out, under the UMCE cardiovascular health program, to a group of 10 female students with insulin resistance training, measuring the change in aerobic capacity through the Harvard Step Test and the sensitivity To insulin by examining the insulin curve.

**Results:** The 4-week high-intensity interval training protocol did not show significant differences in insulin levels, but there is a statistical trend to improvement, reporting that 30% of the total sample normalized these levels. The aerobic capacity does report significant changes after the intervention.

**Conclusions:** 12 HIIT sessions is not sufficient to achieve significant changes in insulin levels in female university students with insulin resistance, but it is effective in achieving significant changes in the improvement of aerobic capacity.

**Key words:** Interval training in high intensity, Diabetes Mellitus II, Aerobic capacity, university students.

## ABREVIACIONES

**ECV:** Enfermedad cardiovascular

**FRCV:** Factor de riesgo cardiovascular

**IMC:** Índice de masa corporal

**HIIT:** Entrenamiento interválico de alta intensidad

**DM:** Diabetes Mellitus

**DMI:** Diabetes Mellitus tipo I

**DMII:** Diabetes Mellitus tipo II

**RI:** Resistencia a la insulina

**SI:** Sensibilidad a la insulina

**ITG:** Intolerancia a la glucosa

**AMPK:** Proteína quinasa activada por AMP

**GLUT 4:** Transportador de glucosa tipo 4

**AF:** Actividad física

**VO<sub>2</sub>max:** Consumo máximo de oxígeno

**HST:** Test del escalón de Hardvar

**IAC:** Índice de aptitud cardiorespiratoria

**PGC-1 $\alpha$ :** Proteína coactivadora del receptor activado por el proliferador de peroxisoma

**UMCE:** Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

**MTF:** Metformina

**PSCV:** Programa de Salud Cardiovascular

**FR:** Factor de riesgo

**SI:** Sensibilidad a la insulina

## **CAPITULO 1: PRESENTACIÓN**

## 1.1 Introducción

La DMII es una patología crónica, la cual es un FR mayor para el desarrollo de ECV muy frecuente en la población, asociado habitualmente con obesidad y aumento en la grasa abdominal, considerado un problema de salud pública a nivel mundial. En Chile, según la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 la prevalencia de DM alcanza un 9.4%, reportándose una tendencia mayor en mujeres con respecto a los hombres. Estos datos resultan preocupantes al analizar la prevalencia de RI en la población joven, ya que es la antesala para el desarrollo de DMII, donde las cifras alcanzan un 8,8% en la población entre 15 a 24 años para síndrome metabólico, dada su asociación con la RI, generalmente se considera su prevalencia como equivalente a la de esta. Por lo que resulta relevante prevenir el desarrollo de esta condición en la población joven, teniendo en cuenta que Chile tiene una de las prevalencia más altas de DMII en Latinoamérica.

Las intervenciones en los cambios de estilo de vida son fundamentales en los jóvenes con RI que presentan gran riesgo de desarrollo de DMII. El sedentarismo y obesidad entre los 15 y 24 años alcanzan una prevalencia del 76% y 27% respectivamente (ENS 2009-10), siendo FR relevantes a modificar.

Las terapias con ejercicio continuo de intensidad moderada han mostrado resultados favorables en el tratamiento de la RI, igualados a los que se consiguen con la terapia farmacológica. Sin embargo, el tiempo requerido en las terapias de ejercicio físico no se hace compatible con estudiantes universitarios que invierten gran parte de su tiempo al ámbito académico, por lo que optan por medidas farmacológicas en el tratamiento de la RI. Por otro lado, el HIIT es un tipo de entrenamiento donde se han reportado resultados similares a los conseguidos en el entrenamiento de resistencia de intensidad moderada para el tratamiento de condiciones como la RI, utilizando un tiempo significativamente menor, por lo que se hace una alternativa interesante para el trabajo en personas con esta condición y para disminuir la prevalencia de sedentarismo en jóvenes universitarios.

El siguiente estudio se basa en la utilización del HIIT en mujeres jóvenes, sedentarias, estudiantes universitarias y con diagnóstico de RI para posteriormente analizar el efecto tanto en el IAC como en la SI.

## 1.2 Problema de Investigación

La DMII es una patología considerada un problema de salud pública a nivel mundial (OMS, 1998), en Chile su prevalencia alcanza un 9,4% (ENS, 2010), reportando un porcentaje mayor en mujeres en comparación a los hombre y un incremento de esta diferencia con el paso de los años. Esto incluye a la población joven (Mokdad, 2003), lo que se debe en gran medida al exceso de peso corporal y el sedentarismo (OMS, 2016).

La RI es un estado primario de una progresión gradual a DMII, la cual afecta aproximadamente a un 25% de la población occidental (Pollak, 2015), es reversible, y se caracteriza por una alteración en la acción biológica de la hormona insulina, producto de una falla del receptor periférico de esta (Wilcox, 2005), desencadenando un trastorno en la homeostasis de la glucosa (Norton, 2014). Es un estado clave para la intervención en la población con el fin de disminuir la prevalencia de DMII o retrasar la aparición de esta, centrándose en la promoción de los cambios de estilos de vida lo que conllevará beneficios a lo largo de la vida (Sumamo, 2013), siendo el ejercicio físico la principal medida en pacientes con RI (Pollak, 2015), reportando los beneficios en diversos estudios (Sigal, 2007, Slentz, 2009, Bloem, 2008), donde se correlaciona positivamente el aumento de la capacidad aeróbica con la captación de glucosa a nivel periférico (Duperly, 2005).

La disponibilidad de tiempo se reporta como el principal impedimento para la realización de ejercicio físico regular (Sttuts, 2002, Trost, 2002, Kimm, 2006), por lo que se hace necesario una alternativa tiempo efectiva como medida terapéutica. El HIIT es un modelo de entrenamiento, que se caracteriza en series breves de actividad vigorosa, intercaladas con periodos de descanso o ejercicio de baja intensidad (Gibala, 2013), el cual ha reportado cambios similares a los encontrados en los entrenamientos de resistencia tradicional en un rango de marcadores fisiológicos, de rendimiento o de salud en individuos saludables y en poblaciones enfermas (Wisloff, 2007, Tjonna, 2009, Hwang, 2011), estimulando un reordenamiento fisiológico similar, a pesar de un requerimiento de tiempo menor (Gibala, 2008, Kessler 2012).

Las investigaciones existentes que estudian la incidencia del HIIT en personas con riesgo metabólico, son mayoritariamente en tiempos de intervención de superior a tres meses (Álvarez, 2012, Mancilla, 2014), reportando resultados positivos para este tipo de intervención. Sin embargo, resulta interesante el efecto del HIIT en un periodo de tiempo menor. Teniendo en cuenta la población joven, la cual está en desarrollo de sus futuros estilos de vida (Morales, 2013), la RI, como fase inicial en el desarrollo de DMII y el sedentarismo como una de las principales causas en la alteración de la homeostasis de la glucosa (Soares, 2014).

#### Pregunta de investigación

¿Un entrenamiento tipo HIIT podrá ser efectivo para mejorar la capacidad aeróbica y la SI en mujeres jóvenes, sedentarias y con diagnóstico de RI?

### **1.3 Relevancia**

El sedentarismo es capaz de producir una reducción funcional en la masa muscular alterando los receptores de insulina, provocando una baja respuesta a cargas de glucosa, esto es lo que se conoce como RI, que puede progresar a ITG, desarrollándose posteriormente DMII, la cual es un FR para desarrollar ECV. La RI, se puede contrarrestar mediante un cambio en el estilo de vida, incorporando el ejercicio físico en nuestros hábitos. El HIIT es un entrenamiento caracterizado por un bajo volumen de alta intensidad acompañado con tiempos de recuperación de intensidad baja o nula, provocando cambios iguales o superiores que un entrenamiento tradicional prolongado de intensidad moderada, pero en un menor costo de tiempo diario. Esta ventaja puede inducir una mayor adherencia al entrenamiento disminuyendo los factores de riesgo como el sobrepeso, la resistencia a la insulina, eliminando el sedentarismo y aumentando la capacidad aeróbica que es un fuerte predictor de morbi-mortalidad.

En Chile la DMII ha tenido un aumento considerable desde un 4,2 % según la encuesta nacional de salud 2003 a un 9,4% según la encuesta nacional de salud 2009-2010, específicamente en las mujeres se observan alzas desde el 2003 con una prevalencia de 3,8%, al 2009 con una prevalencia de 10,4%. Teniendo en cuenta que el diagnóstico de DMII a edades más tempranas es un hecho cada vez más frecuente, que trae consigo una reducción en la expectativa de vida, aumento del riesgo de complicaciones y de eventos mórbidos relacionados con las complicaciones crónicas, disminución en la calidad de vida y aumento en los costos. Además es un hecho ampliamente reconocido y documentado en la literatura la importancia de la obesidad en el adulto como FR independiente para el desarrollo de la DMII, ya que la prevalencia de obesidad aumenta en forma considerable a medida que se avanza en edad, se debería poner énfasis en la prevención de esta. Adicionalmente, la prevalencia de DMII es mayor en población de menor nivel socioeconómico, lo que refuerza las desigualdades en cuanto a calidad de vida. Esto se podría contrarrestar implementando programas de actividad física de menor duración y cuya práctica tiene menor costo asociado en comparación con el dinero que se puede invertir cuando la enfermedad ya está presente.

De ser efectivo el programa de entrenamiento de alta intensidad sería una medida tiempo efectiva, a bajo costo económico, viable de desarrollar como parte del PSCV de nuestra universidad y de esta forma impactar los estilos de vida en la población de mujeres sedentarias, estudiantes universitarias de la UMCE con diagnóstico de RI.

## 1.4 Objetivos de Estudio

- Objetivo general:

Determinar el efecto de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) abreviado sobre el índice de aptitud cardiorrespiratoria y la sensibilidad a la insulina en mujeres jóvenes sedentarias, estudiantes de pedagogía de la UMCE.

- Objetivos específicos:

Analizar el índice de aptitud cardiorrespiratoria antes y después de un entrenamiento tipo HIIT en mujeres jóvenes, sedentarias, con diagnóstico de resistencia a la insulina, estudiantes de pedagogía de la UMCE.

Analizar la sensibilidad a la insulina antes y después de un entrenamiento tipo HIIT en mujeres jóvenes, sedentarias, con diagnóstico de resistencia a la insulina, estudiantes de pedagogía de la UMCE e identificar si existe un porcentaje de la muestra que abandone dicha condición.

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Enfermedades Cardiovasculares**

### **2.1.1 Etiología.**

Las ECV son la primera causa de muerte en la población adulta en Chile, así como en la mayoría de los países industrializados del mundo (INE 2003-2005). Su prevalencia muestra una tendencia creciente a lo largo de las últimas décadas, especialmente entre las poblaciones de los países occidentales (Mauro, 2016), son de etiología múltiple y su evolución está ligada fundamentalmente a la presencia de FRCV (Martinez, 2012), dando como resultado un proceso patológico inflamatorio, complejo y prevenible, la aterosclerosis. Esta se presenta tras un largo período asintomático, que lleva al engrosamiento y pérdida de la elasticidad de la pared de grandes y medianas arterias con estrechamiento de su lumen. Este fenómeno comienza en la infancia-adolescencia con el depósito de estrías grasas, lesiones que progresan en el transcurso de la adultez a velocidad variable dependiendo de la presencia, severidad y del tiempo de permanencia de los FRCV (MINSAL, 2014).

### **2.1.2 Factores de riesgo cardiovascular.**

Se define FRCV como una característica biológica o un hábito o estilo de vida que aumenta la probabilidad de padecer o de morir a causa de una ECV (Lobos y cols, 2011). Estos actúan de forma combinada y multiplicativa promoviendo la progresión del proceso aterosclerótico. Se clasifican de acuerdo a la importancia como FR causal en el desarrollo de la ECV en mayores o condicionantes, así como en modificables y no modificables.

Los FRCV mayores e independientes se relacionan fuertemente con la ECV, siendo muy frecuentes en la población. Estos pueden ser no modificables y modificables. Los primeros son la edad (Hombre  $\geq 45$  años y mujer  $\geq 55$  años), el sexo (Hombre y mujer postmenopáusica), antecedentes personales de ECV y antecedentes de ECV prematura en familiar de 1er grado (Hombre  $< 55$  años y mujer  $< 65$  años). Los segundos son la Hipertensión arterial, DMII, Dislipidemia (Colesterol LDL alto y/o colesterol HDL bajo), Tabaquismo y enfermedad renal crónica etapa 3b-5 y/o albuminuria moderada/severa persistente.

Los FRCV condicionantes son todos modificables como la obesidad ( $IMC \geq 30 \text{kg/m}^2$ ), la obesidad abdominal (Circunferencia de Cintura  $\geq 90 \text{cm}$  en hombres y  $\geq 80 \text{cm}$  en mujeres), los Triglicéridos ( $\geq 150 \text{mg/dL}$ ) y el Sedentarismo. Existen otros FRCV para las ECV, dentro de los cuales destacan la Fibrilación auricular y la Hipertrofia del ventrículo izquierdo, sin embargo, estos son factores de riesgo de ECV de origen no aterosclerótico y no han sido incorporados en la evaluación de riesgo cardiovascular.

La importancia del conocimiento de los FRCV modificables es la posibilidad de poder intervenir en ellos, lo que puede reducir los episodios cardiovasculares y la muerte prematura tanto en personas con ECV establecida como en aquellas con alto riesgo cardiovascular debido a uno o más FRCV.

### **2.1.3 Factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios.**

La identificación de FRCV en este grupo etario es de gran importancia, debido a la posibilidad de trabajar en la prevención y modificación temprana de estilos de vida poco saludables, ya que, las decisiones tomadas en esta época tienen consecuencias y efectos a largo plazo que pueden ser favorables o desfavorables para el resto de la vida, lo cual es relevante ya que en este periodo los individuos adquieren mayor autonomía y asumen la responsabilidad de su autocuidado, por lo cual se convierte en una etapa crítica para el desarrollo de sus estilos de vida (Morales, 2013).

Según la última encuesta nacional de salud, los FRCV con mayor prevalencia en el grupo etario entre 15 a 24 años son: Consumo de tabaco (46%), sedentarismo de tiempo libre (76%), el cual es mayor en mujeres (91%) que en hombres (60%), sobrepeso (27%), colesterol total elevado (13,1%), obesidad incluyendo la obesidad mórbida (11%), presión arterial elevada (2,6%) y DM (0,4%). Los resultados de esta encuesta, demuestran la fuerte presencia de estilos de vida que se consideran de riesgo para la salud. Ejemplo de estas conductas son la insuficiente práctica de actividad física, los malos hábitos de alimentación, entre otros. La permanencia de estas conductas de riesgo determinarán una mayor prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles en la edad adulta (MINSAL, 2013). Por otro lado, se sabe que aproximadamente dos de cada tres muertes prematuras y

un tercio de la carga total de morbilidad en los adultos están relacionadas con comportamientos que se inician durante la adolescencia. Por tanto, resulta fundamental realizar acciones preventivas en etapas tempranas que favorezcan una mejor salud de la futura población adulta (OPS, 2010).

Existen estudios realizados en universidades nacionales que nos pueden acercar un poco más a la realidad de los estudiantes universitarios chilenos, en ellos la falta de AF no se aleja de la realidad nacional, se observa una alta prevalencia de sedentarismo. En un estudio realizado en la Universidad Austral de Chile, se encontró que un 87,8% de estudiantes universitarios son sedentarios, con respecto al género, se observa una diferencia significativamente mayor en mujeres con respecto a los hombres (Martinez, 2012). En un estudio de la Universidad de Talca un 91,5% de los estudiantes fue considerado sedentario, siendo el 85,9% de los varones y el 95,3% de las mujeres (Palomo, 2006). En la encuesta de salud UMCE aplicada a estudiantes que ingresan a primer año, también se reflejan estos estilos de vida, en cuanto a la relación entre la actividad física y el sexo de los entrevistados se puede decir que las mujeres son las que presentan mayor porcentaje de sedentarismo, obteniendo un 47,9% y los hombres un 39,7%. Respecto a la AF, los hombres obtienen mejor rendimiento en AF intensas (26,1%) que las mujeres (5,2%), y también en las actividades moderadas con un 34,2%, y las mujeres un 2,1%. Además se puede observar que quienes no hacen AF durante la semana son los que presentan mayores porcentajes de peso y sobrepeso. En el caso de la UMCE se hace más relevante recopilar esta información, ya que, los sujetos de estudio serán futuros profesores que transmiten sus conocimientos y experiencias a nuevas generaciones. Como se observa según los resultados anteriores la mayor prevalencia de sedentarismo se obtiene en las mujeres, tanto a nivel nacional como universitario.

Respecto a la RI, en Chile se realizó un estudio en población joven de edades entre 22 y 28 años en el año 2003 que demostró por primera vez, a nivel poblacional, la elevada prevalencia de este FR en el grupo etario, donde se encontró en el 36% de la muestra el HOMA elevado, lo que revela la alta prevalencia de RI. Esta, ha sido reconocida como un factor independiente de riesgo cardiovascular. Otro hallazgo relevante en los resultados encontrados en este estudio confirman que en esta población de adultos jóvenes hay una

elevada prevalencia de FRCV, los que tienden a concentrarse en el sexo femenino (Bustos, 2003). Aspecto que se repite en el estudio de la Universidad de Talca, donde el 97,2% de los alumnos presentó algún FRCV, siendo más frecuentes en mujeres (59,7%) que en varones (40,3%) (Palomo, 2006). Es importante destacar que se han encontrado bajas prevalencias de hiperglicemia en ayunas en los estudiantes universitarios. Por lo tanto, para futuros estudios se recomienda considerar la insulinemia, además de la glicemia en ayunas, para detectar alteraciones más precoces del metabolismo de la glucosa (Morales, 2013).

La elevada prevalencia de RI en la población joven es preocupante ya que es la antesala para desarrollar DMII, la cual aumenta en frecuencia asociada a la edad. La encuesta nacional de salud 2009-2010 muestra que la prevalencia de DMII aumenta desde 0,4% entre 15-24 años hasta 25,8% en adultos mayores, lo que se podría prevenir con cambios en el estilo de vida en la población joven, esto resulta relevante, ya que, Chile tiene una de las prevalencia más altas de DMII en Latinoamérica (Sapunar, 2016).

Teniendo en cuenta que los FRCV, en general, ejercen su efecto directo o indirecto a largo plazo, y considerando que algunos de estos son modificables con cambios de estilo de vida, la cuantificación de los FRCV en una población de adultos jóvenes adquiere especial relevancia, porque permite identificar su vulnerabilidad y contribuye a focalizar las estrategias de prevención al constituir un grupo más susceptible de cambiar conductas y establecer hábitos de vida más saludables que permitan retrasar o minimizar la aparición de enfermedades crónicas en años posteriores. Desafortunadamente existe poca información con base poblacional en este grupo de edad (Bustos, 2003).

## **2.2 Diabetes Mellitus**

### **2.2.1 Definición.**

La DM corresponde a un grupo de alteraciones metabólicas que se caracteriza por hiperglucemia crónica, debida a un defecto en la secreción de la insulina, a un defecto en la acción de la misma, o a ambas. Además de la hiperglucemia, coexisten alteraciones en el metabolismo de las grasas y de las proteínas. La hiperglucemia sostenida en el tiempo se

asocia con daño, disfunción y falla de varios órganos y sistemas, especialmente riñones, ojos, nervios, corazón y vasos sanguíneos (Rojas, 2012). Esto conlleva a una reducción en la expectativa de vida, aumento del riesgo de complicaciones y de eventos mórbidos relacionados con las complicaciones crónicas, disminución en la calidad de vida y aumento en los costos en salud (MINSAL 2010).

### **2.2.2 Clasificación.**

La clasificación de la DM contempla cuatro grupos: La DMI cuya causa es la deficiencia absoluta de la secreción de insulina, proceso autoinmune que ocurre en los islotes pancreáticos por marcadores genéticos (ADA, 2012). La DMII, mucho más prevalente, es causada por una combinación de RI y una respuesta de secreción compensatoria de insulina inadecuada. En esta categoría, durante un lapso prolongado y antes de que la DMII sea detectada y aparezcan síntomas clínicos, puede haber un grado de hiperglucemia suficiente para causar alteraciones patológicas y funcionales en los diferentes tejidos diana (ADA, 2012). La tercera clasificación contempla otros tipos específicos de diabetes que pueden ser por defectos genéticos de la función de la célula beta, defectos genéticos en la acción de la insulina, enfermedades del páncreas exocrino, endocrinopatías, inducida por drogas o químicos, infecciones, formas poco comunes de diabetes mediada inmunológicamente y otros síndromes genéticos algunas veces asociados con diabetes (ALAD, 2006). Por último existe la Diabetes gestacional, la cual, durante muchos años, ha sido definida como cualquier grado de ITG que se inicia durante el embarazo. Aunque la mayoría de los casos se resuelve con el parto, la definición se aplicaba independientemente de que la condición persistiese o no después del embarazo y no excluye la posibilidad de que la ITG no reconocida pueda haber comenzado, precedido o aparecido en forma concomitante con el embarazo. Después de las deliberaciones en el período 2008-2009, International Association of Diabetes y Pregnancy Study Groups (IADPSG), un grupo de consenso internacional con representantes de múltiples organizaciones de obstetricia y diabetes, incluyendo la American Diabetes Association (ADA), ha recomendado que las mujeres de alto riesgo en las que se halló diabetes en su primera visita prenatal usando un criterio estándar reciban el diagnóstico de diabetes manifiesta, no gestacional. (ADA, 2012).

### **2.2.3 Diabetes mellitus tipo 2.**

La DMII es la forma más común y con frecuencia se asocia a obesidad o incremento en la grasa visceral, es una enfermedad crónica, considerada un problema de salud pública a nivel mundial. Causa el doble de riesgo de ECV comparadas con la población general y 4 veces el riesgo de mortalidad por causa cardiovascular en Chile (MINSAL, 2008). Según la Encuesta Nacional de Salud del 2009-2010 la prevalencia alcanza un 9.4% observándose una tendencia mayor en mujeres pero no alcanzando diferencias significativas. La DMII representa el 90% de los casos mundiales de Diabetes (OMS, 1998), lo que se debe en gran medida a un peso corporal excesivo y a la inactividad física (OMS, 2016).

### **2.2.4 Fisiopatología.**

En la DMII existe una incapacidad del cuerpo para utilizar eficazmente la insulina, la cual es una hormona peptídica de 51 aminoácidos codificada en el brazo corto del cromosoma 11 y sintetizada en los islotes de Langerhans de la célula beta pancreática que responde a los cambios de glucosa en la sangre (Wilcox, 2005). La insulina se une a receptores en las células del músculo esquelético y estimula la captación de glucosa de la sangre a la célula. Esta función fisiológica aparentemente básica es esencial para el mantenimiento de la homeostasis de la glucosa en los seres humanos (Norton , 2014).

El desarrollo de la DMII está provocado principalmente por dos mecanismos patogénicos, un progresivo deterioro de la función de las células de los islotes pancreáticos que provoca una disminución de la síntesis de insulina y una RI por parte de los tejidos periféricos que da como resultado un descenso de la respuesta metabólica a la insulina. El deterioro de la célula beta pancreática no tiene una causa bien conocida, se ha señalado la presencia de un estado de apoptosis acelerada que podría, al menos de forma parcial, estar determinada genéticamente. En análisis de autopsia se ha observado que la apoptosis era más intensa en pacientes diabéticos que en el grupo control. Simultáneamente, se ha comprobado que la regeneración de las células beta no es mayor en los pacientes diabéticos que en los no diabéticos, de modo que se establecería un desequilibrio entre destrucción y regeneración que podría conducir al desarrollo de la diabetes. (Calderón, 2007). Si bien no

es conocida la causa del deterioro de las células pancreáticas se ha encontrado en el 90% de las autopsias de los pacientes diabéticos (Westermarck, 1978) acumulación de fibras de amilina en estas células, procedentes de la hormona polipeptídica llamada polipéptido amiloide de los islotes. Esta hipersecreción de polipéptido amiloide junto con la biosíntesis de la insulina provoca un exceso de trabajo del retículo endoplásmico lo que da como resultado la apoptosis de las células beta (Carrera, 2013). Junto a esto se ha demostrado que la acumulación de ácidos grasos libres tiene un efecto deletéreo sobre la funcionalidad de la célula beta pancreática. Estudios han demostrado que, en presencia de hiperglucemia, los ácidos grasos libres inducen disfunción de las células beta, donde se indica que los ácidos grasos saturados incrementan la apoptosis y reducen la regeneración celular, mientras que los poliinsaturados producen el efecto inverso (Maedler, 2001). Además, la acumulación de ácidos grasos libres inhibe la secreción de insulina, así como el paso de proinsulina a insulina (Calderón, 2007). La RI se caracteriza por un déficit de la acción de la insulina en los tejidos periféricos, aun en presencia de concentraciones sanguíneas elevadas (hiperinsulinemia). Las anormalidades fundamentales de la RI se hallan localizadas a la altura del receptor periférico, como consecuencia a esto durante el ayuno el déficit funcional de insulina estimula la síntesis hepática de glucosa, que es la principal causante de la hiperglucemia en ayunas. Esta hiperglucemia es a su vez un potente estímulo para la célula beta, sintetizando una mayor cantidad de insulina dando como resultado un estado de hiperglucemia e hiperinsulinemia. Respecto a la relación entre la disfunción de las células beta y la RI, no se conoce con exactitud cuál es el defecto primario en la patogenia de la DMII, si el déficit primario fuera en la célula beta condicionaría la respuesta secretora de la insulina, de este modo se estimularía la producción hepática de glucosa y habría un déficit de captación de glucosa por los tejidos periféricos. Como consecuencia de la hiperglucemia, se produciría un estímulo para la secreción tardía de insulina que en las primeras fases daría lugar a una hiperinsulinemia compensadora. La hiperinsulinemia, a su vez, potenciaría la RI por un mecanismo dependiente del receptor. A medida que el deterioro de la célula beta fuera creciendo, la hiperinsulinemia no alcanzaría a compensar los altos niveles de glucosa sanguínea, apareciendo la hiperglucemia en ayunas. Si la RI fuese el defecto inicial, la menor sensibilidad hepática y periférica inducirá a una producción hepática de glucosa y una menor captación de glucosa en el músculo y el tejido graso, lo que a su vez estimularía la

secreción de insulina. Cuando este mecanismo se perpetúa, la célula beta fracasa en cubrir las necesidades de insulina y aparece la hiperglucemia, que a su vez actúa como un mecanismo potenciador de la RI.

### **2.3 Resistencia a la Insulina.**

Es el primer estado de una progresión gradual a DMII, es reversible y se define como la disminución de la acción biológica de la hormona insulina en el organismo, producto de una falla en el receptor periférico de esta hormona, que desencadena la síntesis de glucosa por parte del organismo con el fin de compensar la baja captación de este azúcar, provocando un estado de hiperglicemia basal, a lo que el páncreas compensa esta situación aumentando la secreción de insulina generando además un estado de hiperinsulinemia, compensando las altas cargas de glucosa en la sangre. La siguiente fase a la progresión a DMII es la ITG, que es un trastorno reversible en que el nivel de la glucosa en la sangre es mayor de lo normal pero no lo suficientemente alto como para que sea DMII (ADA,2014), esto ocurre cuando se quiebra el equilibrio entre RI y secreción, presentando un riesgo elevado de desarrollar DMII y de sufrir complicaciones cardiovasculares (ADA 2014). Por lo tanto a medida que se van incrementando las alteraciones entre la síntesis y captación de insulina, desencadena finalmente en un estado irreversible que es la DMII. Por otro lado existe una asociación entre RI y el incremento en los niveles de mortalidad atribuidos a ECV (Hu, 2004).

#### **2.3.1 Métodos diagnósticos de resistencia a la insulina.**

La RI puede ser determinada mediante un clamp euglicémico-hiperinsulinémico. Esta técnica consiste en infundir insulina a una tasa fija, mientras se administra glucosa a una tasa variable con el objeto de fijar (clamp) la glicemia a un nivel dado, usualmente 90 mg/dL. En sujetos con menor grado de RI se requerirá una mayor tasa de infusión de glucosa para mantener la euglicemia.

La aplicación de este método es compleja, laboriosa y costosa, lo cual ha incentivado el desarrollo de otros métodos para evaluar la RI fundamentalmente basadas en estimaciones de la glicemia e insulinemia en ayuno o en respuesta a una dosis oral estándar de glucosa (Muniyappa, 2008). La evaluación de RI por medio de la curva de insulina y la prueba de tolerancia a la glucosa oral es un método factible de aplicación clínica empleado en el diagnóstico de trastornos del metabolismo de carbohidratos, (ADA, 2003) mostrando una buena correlación con el clamp euglicémico-hiperinsulinémico (Saad, 1994).

Se basa en obtener una muestra de insulina y glucosa en ayunas para luego suministrar una carga de 75 gramos de glucosa disuelta en 300 ml de agua o preparaciones comerciales existentes en el mercado, se toma una muestra de sangre a los 120 minutos después, analizando los niveles de insulina sanguínea (ADA, 2003). Permite pesquisar la existencia de RI cuando se observan valores de insulinemia mayores de 100 y 60 uU/mL después de una y dos horas de la carga de glucosa, respectivamente, con la condición de que la glicemia sea menor de 140 mg/dL a las dos horas de la prueba (ausencia de ITG) (Hough, 2004).

El método de la curva de insulina, a diferencia de otros procedimientos indirectos, permite realizar estudios fiables en diferentes situaciones clínicas, como la DM, la obesidad o el síndrome del ovario poliquístico, y en distintas etapas de la vida (Welch, 1990). Además, el análisis junto con la prueba de tolerancia a la glucosa oral, nos facilita información muy útil sobre la función de la célula beta y sobre la efectividad de la glucosa, es decir, sobre la capacidad de la glucosa de incrementar por sí misma su propia captación y suprimir su producción a nivel hepático (Bergman, 1985).

### **2.3.2 Farmacología.**

Considerando que la RI es una condición metabólica que condiciona un mayor riesgo cardiovascular y de DMII, es cada vez más frecuente observar en la práctica clínica el uso de fármacos insulinosensibilizadores en sujetos sin DMII, entre estos fármacos, el más usado es la MTF. Este fármaco actúa aumentando los niveles de AMPK, disminuye la neoglucogénesis (principal efecto) por inhibición de la glicerofosfato deshidrogenasa a nivel mitocondrial y aumenta la captación muscular de la misma. Otros efectos incluyen

disminución de niveles y recambio de ácidos grasos libres, reducción de la obesidad visceral y de los niveles de triglicéridos plasmáticos, mejoría en niveles de factores proinflamatorios y protrombóticos y aumento del efecto incretina (Pollak, 2015).

### **2.3.3 Relación terapia farmacológica con cambios de estilo de vida.**

En estudios de prevención de DMII se ha observado que las terapias farmacológicas que reducen la RI disminuyen significativamente el riesgo de DMII, aunque cuando se comparan con terapia basada en cambios en estilos de vida, su efectividad no siempre es mayor. En un estudio controlado aleatorizado se encontró que el uso de MTF 850 mg dos veces al día redujo el riesgo de diabetes en 31% en comparación con un 58% logrado con cambios en estilos de vida (Orchard, 2005). En los estudios Finish Diabetes Prevention Program y US Diabetes Prevention Program, un cambio en el estilo de vida incrementando la AF de intensidad moderada en forma regular, una alimentación saludable y la baja de peso de 7%, disminuyó el riesgo de desarrollo de DMII en individuos con RI en aproximadamente 58%, durante un seguimiento promedio de tres años (Tuomilehto, 2001). En relación al cambio de estilo de vida, el ejercicio físico y la reducción del sobrepeso son las medidas más importantes (Pollak, 2015).

### **2.3.4 Ejercicio físico y resistencia a la insulina.**

Está demostrado que el ejercicio mejora la SI por 2 mecanismos. En la vía dependiente de insulina, restablece la cascada de la señal insulínica al disminuir el efecto deletéreo de los lípidos intramusculares mejorando la oxidación de grasas intramusculares. El segundo mecanismo es mediado por la contracción muscular con activación de AMPK. Ambos mecanismos conducen a la translocación del transportador específico de glucosa GLUT-4. Además, el músculo y páncreas mantienen comunicación mediante mioquinas, lo que permitiría suponer un rol muscular en la secreción de insulina (Egan, 2013).

El ejercicio regular ha sido indicado para mejorar el control de la glucosa sanguínea, reducir los FRCV, contribuir a la pérdida de peso, aumentar la SI y proporcionar una sensación de bienestar general. Además, el ejercicio regular puede impedir la aparición de la DMII en personas con riesgo de padecerla (ADA, 2013). Asimismo dado el impacto del

ejercicio físico en los parámetros metabólicos, el cual es proporcionalmente mayor que la pérdida de peso, es que el ejercicio físico sigue siendo la indicación más importante en individuos con RI aunque estos se encuentren normopeso (Pollak, 2015).

### **2.3.5 Metformina VS ejercicio físico.**

Se ha estudiado el uso de la MTF combinado con el ejercicio aeróbico para el tratamiento de la RI, ambos métodos aumentan los niveles de AMPK, facilitando la regulación metabólica en el organismo, sin embargo se estudia un efecto de atenuación en vez de potenciación de ambas estrategias terapéuticas. Un estudio que compara dos grupos de pacientes con RI, uno con uso de MTF más ejercicio, versus placebo más ejercicio, mostró un aumento en la SI para ambos grupos, sin embargo, el aumento significativo se mostró solo en el grupo placebo junto a ejercicio (Sharoff, 2010). Un segundo estudio analizó cuatro grupos, un grupo MTF, MTF más ejercicio, placebo más ejercicio y sólo placebo, del cual, los resultados muestran que tanto el grupo MTF y el grupo placebo más ejercicio mostraron cambios significativos en la SI, sin embargo, en el grupo placebo más ejercicio el cambio fue mayor. Además en el grupo que combina MTF más ejercicio se encontró un cambio en la SI, pero en menor magnitud que utilizando de manera individual la MTF o el ejercicio físico (Malin, 2012).

Son pocos los estudios para poder sacar conclusiones definitivas sobre la atenuación de los efectos del ejercicio físico con el uso combinado de MTF. Sin embargo, de lo que no existe duda, es que el ejercicio por sí solo tiene el mayor impacto en aumentar la SI. Por lo tanto se hace pertinente estudiar las consecuencias del ejercicio físico en pacientes con RI y sedentarismo como FRCV para la evolución de la patología y el desarrollo de DMII.

## **2.4 Actividad Física**

La OMS define la AF como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía. Ello incluye las actividades realizadas al trabajar, jugar y viajar, las tareas domésticas y las actividades

recreativas. La expresión AF no se debe confundir con ejercicio físico, que es una subcategoría de AF que se planea, está estructurada, es repetitiva y tiene como objetivo mejorar o mantener uno o más componentes del estado físico.

Para medir la AF, la OMS ha elaborado un cuestionario mundial de actividad física (Global Physical Activity Questionnaire), este cuestionario ayuda a los países a vigilar la inactividad física como uno de los principales FR de padecer enfermedades no transmisibles. Este considera tres dominios de la AF: AF en el trabajo, AF en los traslados y AF de recreación. La suma de las tres actividades permite determinar el nivel de AF de un individuo. Luego, los cuatro tiempos de AF son: Tiempo (minutos) total de AF al día, tiempo (minutos) de AF en el trabajo, tiempo (minutos) de AF en traslados desde y hacia el trabajo, tiempo (minutos) de AF recreacional. La definición de sedentarismo en base a este cuestionario es realizar AF menor a 150 minutos de intensidad moderada o menor a 60 minutos de actividad de intensidad vigorosa acumulada en la semana a través de los dominios de trabajo, hogar, transporte y tiempo libre (ENS 2009-2010). La encuesta nacional de salud 2009-2010 utilizó esta herramienta, donde se analiza el nivel de AF, clasificada en nivel bajo, moderado y alto. Se encontró que la prevalencia a la baja AF es de un 27,1% en la población, donde al diferenciar por sexo, es significativamente mayor en mujeres con un 31,1%.

La baja AF es un FR modificable, lo que significa que la adopción de nuevos estilos de vida donde se incluya el ejercicio físico interviene en la salud de la persona y reduce su riesgo cardiovascular.

La práctica regular de AF reduce el riesgo de presentar una muerte prematura por cualquier causa en personas jóvenes y de mediana edad (Nocon, 2008) y también se asocia con una mayor supervivencia en personas de edad avanzada (Hakim, 1998).

#### **2.4.1 Inactividad física.**

Las recomendaciones mínimas internacionales de AF para la salud es realizar  $\geq 150$  minutos semanales de AF de intensidad moderada o vigorosa, o bien, lograr un gasto energético  $\geq 600$  MET/Min/semana (Cristi, 2014). Las personas cuya AF esté por debajo

de estas recomendaciones se consideran inactivas físicamente, lo cual es considerado según la OMS como el cuarto FR de mortalidad más importante a nivel mundial y provoca el 6% de todas las muertes. Por lo que es un concepto importante de diferenciar de una conducta sedentaria, la cual es la primera categoría de la clasificación de AF basada en la intensidad, es decir, las actividades que requieren el menor gasto energético. Una persona puede cumplir las recomendaciones de AF, pero al mismo tiempo puede destinar la mayor parte del día a actividades del tipo sedentarias. Característica emergente de la población chilena, la cual destina en promedio 64% del tiempo diario a actividades sedentarias, 29% a AF ligera, 4% a AF moderada y 3% a AF vigorosa (Celis, 2011).

#### **2.4.2 Sedentarismo.**

El sedentarismo es un problema de salud pública que afecta cada vez a más personas en el mundo, en Chile alcanza una prevalencia de un 88.6%, al realizar el análisis por sexo se revela una prevalencia significativamente mayor en las mujeres con un 92.9% (ENS 2009-2010). El sedentarismo se conoce como una conducta definida como la carencia de movimiento durante las horas de vigilia a lo largo del día (OMS, 2009), donde se reúnen las actividades que sobrepasan levemente el gasto energético basal ( 1-1,5 METs) o también descrito como las actividades que no aumentan más del 10% la energía corporal en reposo (Vidarte, 2011). En la clasificación de AF las actividades sedentarias están en primer lugar (1-1,5 METs) según intensidad, seguidas de AF ligera (1,5 a 2,9 METs), AF moderada (3 a 5,9 METs) y AF vigorosa ( $\geq 6$  METs).

#### **2.5 Capacidad aeróbica**

Cuando se habla de capacidad aeróbica se habla de la capacidad del organismos para mantener una determinada intensidad de ejercicio durante un tiempo determinado (Chicharro, 2006). Esta expresa en gran medida el grado o nivel de condición física de un individuo, razón por la cual se considera dentro de las cualidades físicas de carácter básico a ser evaluadas.

Según Martínez (2002), la capacidad aeróbica, es la facultad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo las actividades que involucran a grandes masas musculares durante períodos de tiempo más bien prolongados. Dicha capacidad está directamente relacionada con el VO<sub>2</sub>max entendido como la forma de cuantificar la capacidad aeróbica, traducida en la capacidad de aportar, transportar e intercambiar oxígeno, a través del sistema cardiovascular, durante un período de máximo esfuerzo.

Como marcadores de riesgo cardiovascular se describen principalmente la limitada capacidad aeróbica y la baja fuerza muscular (Myers, 2002). Por ende, la capacidad aeróbica ha sido considerada como la medida fisiológica más importante en el ser humano para pronosticar su rendimiento físico y su medida el VO<sub>2</sub>max es el mejor indicador fisiológico de la capacidad aeróbica y del estado cardiovascular, además es considerado un parámetro objetivo e independiente de pronóstico para ECV (Weber, 1982). Su importancia recae en que es un fuerte predictor de mortalidad (Kessler, 2012), mientras que su posible aumento trae consigo mejoras en la sobrevivencia de las personas.

### **2.5.1 Consumo máximo de oxígeno.**

El VO<sub>2</sub>max ha sido considerado como el *gold standard* en la medición de la aptitud cardiorrespiratoria (Fardy y cols, 1995). También se puede definir como la mayor cantidad de oxígeno que un individuo puede utilizar durante un trabajo físico respirando aire atmosférico. Esta interacción de los sistemas fue descrita por Wasserman y cols (1967), como la interacción de las funciones metabólicas, circulatorias y ventilatorias de los mecanismos fisiológicos subyacentes involucrados en la producción de energía durante la realización de un trabajo o ejercicio físico. El análisis del VO<sub>2</sub>max se realiza mientras el individuo hace ejercicio de intensidad progresiva (ACSM, 1999), y va a estar determinado por diferentes variables como la edad, sexo, patrón de ejercicio, herencia y condiciones clínicas asociadas. El valor máximo del VO<sub>2</sub>max ocurre entre los 15 y 30 años, disminuyendo progresivamente con la edad (Londeree, 1984).

En personas con un estilo de vida sedentario la reducción puede llegar a un 9% por década y menos del 5% en personas activas. No hay diferencias significativas en el VO<sub>2</sub>max entre hombres y mujeres en edades menores a los 16 años, pero luego el VO<sub>2</sub>max en la mujer es más bajo, esto es atribuido al menor volumen sanguíneo, menos hemoglobina y masa muscular más pequeña con relación al hombre (Vargas, 2000).

Existe una correlación positiva entre el VO<sub>2</sub>max como indicador de la capacidad aeróbica y la captación tisular de glucosa como reflejo de la SI, independiente de la edad y el peso corporal (Duperly, 2005).

Se ha demostrado que a mayores niveles de VO<sub>2</sub>max y a partir de ciertos niveles de fuerza, disminuye en gran medida la probabilidad de mortalidad (Kodama, 2009) y que si estos niveles son altos en niños son un marcador mucho más potente de mortalidad en el futuro (Ortega, 2008). Una mejor capacidad aeróbica se asocia con un menor riesgo de mortalidad. Así mismo, por cada MET de incremento en la resistencia cardiorrespiratoria se asocia con una reducción de un 13% y de un 15% del riesgo de muerte por todas las causas y de ECV, respectivamente (Kodama, 2009).

### **2.5.2 Evaluación de la capacidad aeróbica.**

La determinación de la capacidad aeróbica de un individuo se puede lograr mediante la medición directa del VO<sub>2</sub>max mientras el sujeto está realizando ejercicio. Se desarrolla generalmente a través de pruebas de ejercicio graduadas y la selección de un protocolo de prueba se hace ajustándose al nivel de condición física de la persona, por lo general, la prueba requiere que el individuo alcance la fatiga voluntaria dentro de seis a doce minutos. Se considera la mejor y más precisa manera de medir el VO<sub>2</sub>max. Sin embargo, presenta una serie de desventajas que dificultan su uso. El alto costo del equipamiento requerido y la necesidad de personal capacitado, por lo que se hace irreproducible en muchos entornos, por lo tanto no es una prueba práctica para los sistemas de salud y para mediciones con grandes grupos (Wilmore, 2007).

Para superar las dificultades en la realización de pruebas directas se han ideado medidas indirectas para la estimación del VO<sub>2</sub>max que facilitan su realización y existen múltiples test que se acomodan a diversos entornos y donde existe una buena correlación en comparación a las pruebas directas para la medición del VO<sub>2</sub>max.

El HST es un ejemplo de prueba indirecta para la medición de la capacidad aeróbica de fácil aplicación, con mínimos requerimientos y que se acomoda de buena manera al entorno. Este test calcula el IAC, lo cual refleja la condición física de un individuo describiendo una buena correlación con el VO<sub>2</sub>max.

### **2.5.3 Test del escalón de Harvard**

El HST es un método indirecto para la medición de la capacidad aeróbica desarrollado por Brouha et al. en 1943 en *Harvard Fatigue Laboratories* durante la segunda guerra mundial, fundamentándose sobre el hecho de que el tiempo de recuperación es un índice confiable para establecer la tolerancia aeróbica. Caracterizándose por su fácil realización y mínimo equipamiento, entregando el IAC, el cual es un importante indicador de condición física y correlacionado con el VO<sub>2</sub>max (Adams, 1998).

El test consiste en subir y bajar un plataforma a un tiempo y a un ritmo determinado, inicialmente el test consideraba una plataforma de 50,8 cm de alto, a una velocidad de 30 ciclos por minutos y con una duración de cinco minutos o hasta la fatiga (Brouha, 1943). Sin embargo la prueba fue modificada, diferenciando su aplicación según sexo. En mujeres se contempló una altura de la plataforma de 45,7 cm de alto, a una velocidad de 24 ciclos por minutos y con una duración de cuatro minutos o hasta la fatiga (Sloan, 1959). Inmediatamente completada la prueba, el sujeto se debe sentar en un banco o silla y se debe tomar el pulso cardiaco por 30 segundos, en el primer, segundo y tercer minuto de recuperación (Montoye, 1953).

Para calcular el IAC es necesario conocer el tiempo de duración de la prueba en segundos y la sumatoria de las 3 pulsaciones pesquisadas. Conociendo estos datos se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$100 * \text{Duración del test en segundos} \div 2 (\text{Sumatoria de las 3 pulsaciones cardiacas})$$

La prueba crea una clasificación de la condición física según la puntuación del IAC, que va desde una condición pobre a excelente con 5 grados de libertad. El análisis de los resultados de la prueba se realizan comparando las puntuaciones de este test antes y después de una intervención, donde se espera que con una intervención adecuada logre aumentar la puntuación del IAC, por lo tanto la capacidad aeróbica.

La desventaja que se reconoce en esta prueba cae principalmente en las diferencias biomecánicas que presenta cada individuo. Por ejemplo, teniendo en cuenta que la altura de la plataforma es estándar, las personas más altas están en ventaja, ya que necesitan menos energía para poder lograr subir la plataforma, además el peso corporal también ha demostrado ser un factor influyente (Ricci, 1966). Sin embargo, la validez de la prueba que se refiere al grado en que la prueba mide realmente lo que pretende medir, ha reportado una correlación con el VO<sub>2</sub>max entre el 0.6 y el 0.8 en numerosos estudios (Meyers, 1969).

## **2.6 Entrenamiento Interválico de alta intensidad**

El término HIIT se utiliza para describir protocolos en los cuales el estímulo de entrenamiento es cercano al máximo o la intensidad objetivo está entre el 80-100% de la frecuencia cardiaca máxima (Weston, 2014), consiste en alternar dichos períodos de ejercicio aeróbico intenso con períodos de recuperación pasivos o activos de intensidad moderada, lo cual ofrece la posibilidad de mantener un ejercicio de alta intensidad durante mayor tiempo que durante un ejercicio continuo, por lo tanto, el HIIT provoca un mayor estímulo de entrenamiento, lo que mejora aún más la capacidad aeróbica (Midgley, 2007).

El HIIT posee más parámetros a controlar que un entrenamiento tradicional, los cuales son: la intensidad y duración del periodo del intervalo, la intensidad y duración del periodo de recuperación y al mismo tiempo, el número de intervalos en una sesión, lo anterior es lo que determina la duración total del entrenamiento. Por lo general se describen tres categorías de HIIT: intervalos largos (3-15 minutos, con intensidad del 85-90% del VO<sub>2</sub> máx.), intervalos moderados (1-3 minutos, con intensidad del 95-

100% VO<sub>2</sub>máx.), intervalos cortos (10 segundos a 1 minuto, con intensidad del 100-120% VO<sub>2</sub>máx.) (Dupont, 2007).

La intensidad y la duración del periodo de recuperación en el HIIT puede jugar un papel tan importante como el período del intervalo, al disminuir el tiempo de recuperación, la intensidad media del ejercicio se incrementa, lo que también aumenta el gasto de energía, por lo tanto el tiempo de recuperación tiene un gran impacto en el rendimiento, otra importancia del tiempo de recuperación es que al elegir una recuperación pasiva ésta permite un mayor número de repeticiones de ejercicio en sujetos jóvenes, en atletas de resistencia y en pacientes con ECV (Guiraud, 2012). Sin embargo, un estudio realizado por Dupont y cols indicó que durante el período de descanso activo había menos reposición de oxígeno en la hemoglobina y la mioglobina (Dupont, 2003), aunque investigaciones anteriores han sugerido que una recuperación activa se recomienda con el fin de ayudar eficazmente el proceso de remoción de lactato (Billat, 2001). Cabe mencionar que para emplear con éxito el entrenamiento HIIT, las intensidades de recuperación deben ser alcanzadas, independiente de si el tiempo de recuperación es pasivo o activo, si la frecuencia cardíaca no se logra reducir con la intensidad requerida para el final de este periodo, el ritmo de trabajo del intervalo debe ajustarse en consecuencia.

Lo anterior constituirá sesiones de trabajo con duraciones totales aproximadas de menos de 30 min, resultando un volumen total de trabajo relativamente bajo en comparación con lo habitualmente realizado mediante otros métodos de entrenamiento más tradicionales. La OMS recomienda realizar 150 minutos semanales de actividad moderada en personas mayores a 18 años, sin embargo, a pesar de la abrumadora evidencia científica de que la actividad física regular es eficaz en la prevención de enfermedades crónicas y muerte prematura, la mayoría de los adultos no cumplen ni con las directrices mínimas de AF. Innumerables estudios han demostrado que la razón más comúnmente citada para no hacer ejercicio es la falta de tiempo. Este hallazgo es universal; independientemente de su edad, origen étnico, sexo o estado de salud, las personas informan que la falta de tiempo es la razón principal de su ausencia de ejercicio sobre una base regular (Gibala, 2012).

Teniendo en cuenta lo anterior toma relevancia incluir como alternativa un entrenamiento que ocupe una menor cantidad de tiempo como el HIIT, el cual es un estímulo potente para inducir adaptaciones fisiológicas que se parecen a cambios normalmente asociados con entrenamiento de resistencia tradicional, a pesar de un volumen total de ejercicio más bajo y el compromiso de reducir el tiempo de entrenamiento, por otra parte las cortas explosiones de actividad pueden abordar otro factor limitante común, la falta de motivación, ya que puede resultar ser una opción más atractiva que la posibilidad de ejercer ejercicio físico de forma continua durante un período prolongado de tiempo (Weston, 2014). Además, algunos datos sugieren que la baja frecuencia sumado al enfoque de alta intensidad de entrenamiento se asocia con una mayor adherencia a largo plazo en comparación con un programa de baja intensidad y alta frecuencia (King, 1995).

Existe poca información disponible sobre los efectos del HIIT, pero la evidencia creciente sugiere que este tipo de entrenamiento estimula un reordenamiento fisiológico comparable con el del entrenamiento continuo de intensidad moderada, a pesar de que requiere una cantidad de tiempo sustancialmente menor y de un menor volumen de ejercicio total (Burgomaster, 2008).

### **2.6.1 Adaptaciones fisiológicas del entrenamiento interválico de alta intensidad.**

El modelo más frecuentemente empleado en los estudios de HIIT ha sido el protocolo de Wingate, el cual consiste en 4-6 series de ejercicio en bicicleta estática a intensidad supramáxima durante 30 segundos, separados por 3-4 minutos de recuperación pasiva, resultando en sesiones de entrenamiento que varía entre los 18 a 27 minutos. En una cantidad de 6 sesiones de este tipo de entrenamiento que representan a 18 minutos de ejercicio supramáximo durante 2 semanas, incrementa la capacidad oxidativa del músculo esquelético tal como lo reflejan la actividad máxima y/o el contenido de proteínas de las enzimas mitocondriales (Gibala, 2006). Además se ha comparado de manera directa 6 semanas de HIIT usando el protocolo de Wingate con el entrenamiento cardiovascular de intensidad moderada, donde se ha encontrado

mejoras similares en la capacidad oxidativa del músculo esquelético y en el VO<sub>2</sub>max a pesar de las grandes diferencias existentes en el volumen de entrenamiento (Aproximadamente 90% menor en el grupo HIIT) y en el tiempo involucrado (67% menor en el grupo HIIT) (Burgomaster, 2008).

El HIIT basado en el protocolo de Wingate es sumamente exigente y puede no ser seguro, tolerable o aplicable para algunos individuos. Se ha planteado otro protocolo de entrenamiento que resulta más práctico y que tiene una aplicación amplia para diferentes poblaciones que incluye a personas con riesgo de enfermedades metabólicas crónicas. La intensidad de las series de trabajo es disminuida, pero se aumenta en el tiempo y se disminuyen los tiempos de recuperación, resultando en 10 series de 1 minuto a una intensidad del 90% de la frecuencia cardiaca máxima separadas por un minuto de recuperación. El protocolo sigue siendo eficiente en 10 minutos de ejercicio efectivo en un total de 20 minutos por sesión de entrenamiento, induciendo una remodelación rápida músculo esquelética hacia un fenotipo más oxidativo, similar a los estudios realizados con el protocolo de Wingate y en el entrenamiento aeróbico de intensidad moderada (Little, 2010).

Se han investigado los mecanismos moleculares que rigen las adaptaciones metabólicas del músculo esquelético al HIIT. Debido a la potencia del HIIT para aumentar la capacidad mitocondrial, investigaciones ha estudiado la influencia de este entrenamiento sobre la activación del co-activador PGC-1 $\alpha$  que es considerado el regulador principal de la biogénesis de las mitocondrias en el músculo (Wu, 1999). La evidencia sugiere que la intensidad del ejercicio es el factor fundamental que influye en la activación de PGC-1 $\alpha$  en el músculo esquelético humano (Egan, 2010). En este sentido el HIIT basado en el test de Wingate aumenta la expresión del RNAm de PGC-1 $\alpha$  varias veces cuando se mide luego de 3 horas post ejercicio (Hood, 2011). Comparable con el incremento agudo de la expresión del RNAm de PGC-1 $\alpha$  observada después de una serie de ejercicio de resistencia continuo (Egan, 2010). Similar al ejercicio de resistencia (Little, 2010), el HIIT basado en Wingate puede activar PGC-1 $\alpha$  aumentando su translocación nuclear, y esta coincide con una mayor expresión del RNAm (Little, 2011), lo que sugiere que un programa de adaptación mitocondrial estaría asociado con estas series cortas de ejercicios de alta intensidad.

Las señales corriente arriba que activan al PGC-1 $\alpha$  y la biogénesis mitocondrial en respuesta al HIIT no han sido claramente establecidas, pero probablemente estén relacionadas la activación de la proteína quinasa activada por AMPK (Gibala, 2009) y la activación de la proteína quinasa activada por mitógenos p38 (Kang, 2009). Ambas quinasas de señalización sensibles al ejercicio participan en la fosforilación directa y activación de PGC-1 $\alpha$ . Se ha planteado la hipótesis que el aumento en la cantidad nuclear de PGC-1 $\alpha$  luego del HIIT co-activa los factores de transcripción de los genes mitocondriales, lo que finalmente produce la acumulación de más proteínas mitocondriales para manejar la biogénesis de las mitocondrias.

Seis semanas de HIIT basado en el protocolo de Wingate aumentaron el contenido de proteína PGC-1 $\alpha$  aproximadamente 100% en individuos jóvenes saludables (Burgomaster, 2008) y 2 semanas de HIIT de 10  $\times$  1 min produjeron un aumento de aprox. 25% en PGC-1 $\alpha$  (Little, 2010). En conjunto, estos resultados indican que PGC-1 $\alpha$  probablemente participa en la regulación de algunas de las adaptaciones metabólicas del HIIT. Dado los efectos positivos que el aumento modesto en la PGC-1 $\alpha$  puede tener sobre la capacidad oxidativa, consumo de glucosa, resistencia a la sarcopenia asociada con la edad y sobre las vías antiinflamatorias (Sandri, 2006., Benton, 2008), el aumento en PGC-1 $\alpha$  luego del HIIT podría indicar potenciales beneficios generales para la salud por parte de este tipo de entrenamiento.

Existen pocos estudios que han medido el impacto del HIIT en la estructura y función cardiovascular. Se ha informado que 2 semanas de HIIT aumentan la capacidad aeróbica tal como se observa por los cambios en el VO<sub>2</sub>max (Whyte, 2010). Otro estudio demostró que 6 semanas de HIIT aumentó el VO<sub>2</sub>max en la misma magnitud que el entrenamiento de resistencia tradicional a pesar de un compromiso de tiempo notablemente menor y un menor volumen de entrenamiento total (Burgomaster, 2008). Se ha demostrado además que el HIIT aumentaba la distensibilidad en las arterias periféricas pero no en las arterias centrales en varones y mujeres, saludables y jóvenes. Sin embargo, debido a la poca cantidad de estudios, los mecanismos que regulan las adaptaciones cardiovasculares frente al HIIT tienen que ser analizados con mayor detalle.

### **2.6.2 Entrenamiento interválico de alta intensidad y resistencia a la insulina.**

Los estudios que relacionan el HIIT con personas que estén en riesgo de sufrir ECV o pacientes con enfermedades crónicas son muy limitados. Sin embargo, recientes estudios han demostrado que con una cantidad de 6 sesiones de cualquier protocolo de HIIT mejora la SI, en individuos previamente sedentarios y con sobrepeso (Whyte, 2011). La SI en estos estudios se calculó en base a mediciones simples de glucosa e insulina en ayuno (Hood, 2011) o por la respuesta a una prueba de tolerancia a la glucosa oral (Whyte, 2010) y por lo tanto refleja principalmente la SI hepática y no la SI periférica (músculo esquelético). La SI periférica puede mejorar luego de entrenamiento físico por una mayor capacidad de transporte de glucosa al músculo esquelético, mediada en parte por la proteína GLUT4. El contenido de GLUT4 del músculo esquelético después de HIIT a corto plazo se incrementa a una magnitud comparable a la observada después de un entrenamiento de resistencia de alto volumen (Hood, 2011). Otro estudio reciente demostró que el HIIT, entrenando en cicloergómetro con un minuto de ejercicio de alta intensidad y con un minuto de pausa repetido diez veces, fue bien tolerado y ayudó a mejorar el contenido de GLUT4 en el músculos esquelético en ocho pacientes con DMII (Little, 2011). Solo seis sesiones de HIIT durante dos semanas redujeron la concentración media de glucosa de 24 horas, medidas a través del monitoreo continuo de glucosa bajo una dieta estandarizada pero en condiciones de rutina diaria (Little, 2011).

En Chile existen pocos estudios que relacionan el HIIT con las afecciones metabólicas. Un estudio realizado por el departamento de AF de la Universidad de los Lagos reporta que los programas de AF de alta intensidad entre ellos el HIIT son herramientas eficaces para la reducción de RI en mujeres sedentarias, pre diabéticas y con niveles de sobrepeso (Álvarez, 2012), en este estudio no se realizó modificaciones en la dieta y tampoco en los niveles de AF durante el transcurso de la intervención de las participantes. En el grupo HIIT se realizaron modalidades de carrera a alta intensidad (>85% de la frecuencia cardíaca máxima) en siete intervalos de 20s seguidos con intervalos de 120s de recuperación, dos veces por semanas durante 12 semanas, donde los datos presentados revelan un cambio significativo de la glicemia en ayunas, medidos 24 horas posterior a la intervención, sin cambios significativos en los niveles de insulina, medidos posterior a las 72 horas de intervención (Álvarez, 2012), lo que refleja los beneficios vasculares asociados a la aplicación de HIIT en mujeres con riesgo metabólico

Según se reporta uno de los potenciales mecanismos por los cuales el HIIT mejora el control glicémico y la SI, es debido a la reducción entre el 30% y 45% en el glicógeno muscular mediante la vía metabólica de AMPK quien juega un importante rol en la translocación de GLUT4 y el consumo de glucosa a nivel muscular (Towler, 2007). Esta reducción muscular de glicógeno se presenta similar a la inducida por una sesión de 90min de ejercicio aeróbico de intensidad moderada (Krssak, 2000). Adicionalmente, otro mecanismo que podría explicar la reducción en la RI es la adaptación muscular al programa de entrenamiento, donde se reporta que los pacientes diabéticos o con riesgo metabólico presentan una reducida capacidad de oxidación mitocondrial y que intervenciones como el HIIT incrementan la capacidad de oxidación mitocondrial tanto en sujetos sanos (Burgomaster, 2008) como con riesgo metabólico (Hood, 2011).

## **2.7 Hipótesis**

12 sesiones de HIIT son efectivas para aumentar el IAC en mujeres sedentarias, con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía de la UMCE estimado mediante el HST.

12 sesiones de HIIT son efectivas para mejorar la SI en mujeres sedentarias, con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía de la UMCE medido mediante el examen curva de insulina.

## **CAPITULO 3: METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo y Diseño General del Estudio

El estudio es definido como una investigación de tipo cuantitativa; Estudio piloto cuasi-experimental. Diseño pretest-postest, se considera "intrasujeto"; por lo cual consta de un grupo sobre el que se ha realizado una observación antes (a1) y otra después (a2) en relación con una intervención "x". Ahora bien, como solo existe un grupo de sujetos, obviamente no existe asignación aleatoria. Por ello, su mayor limitación consiste en la inexistencia de grupo control; lo que limita el establecer evidencias de asociatividad respecto del tratamiento en evaluación (Manteroyal y Otzen, 2015).

- Cuantitativo
- Cuasi-experimental (Un grupo que será comparado consigo mismo)

### 3.2. Variables

Variable	Tipo	Escala de medición	Forma de medición
Entrenamiento interválico de alta intensidad	Cuantitativa Independiente		
insulinemia 120 minutos posterior a una carga de glucosa de 75g	Cuantitativo Dependiente	Continuo	Curva de Insulina
Índice de Aptitud cardiorrespiratoria	Cuantitativo Dependiente	Continuo	Test del escalón de Harvard

### 3.3 Muestra

#### 3.3.1 Universo de estudio.

- **Población objetivo:** Mujeres sedentarias con diagnóstico de resistencia a la insulina estudiantes de pedagogía en Chile.

Según la Encuesta Nacional de Salud 2009-10, se ha reportado una prevalencia mayor de DMII en mujeres con respecto a hombres, observándose una considerable alza desde el 2003, con una prevalencia de 3,8%, al 2009 con una prevalencia de un 10,8%. Estilos de vida sedentarios sumados a la mala nutrición son factores que han ayudado al aumento en la prevalencia. Patrón característico en todo rango de edad, donde la población joven, universitaria no queda fuera.

- **Población de estudio:** Mujeres sedentarias con diagnóstico de resistencia a la insulina estudiantes de pedagogía pertenecientes a la UMCE.

#### 3.3.2 Selección y tamaño muestral.

- Cálculo de la muestra: La muestra fue calculada en base a la fórmula de Friedmann, según el artículo ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con ITG, de Mancilla y cols, 2014. La selección de la muestra no fue aleatorizada, sino que fue por conveniencia, donde se reclutaron participantes voluntarios que cumplieran las características físicas que implicaba la investigación (Casal y Mateu. 2003).

- Muestra: Grupo de 10 mujeres sedentarias con diagnóstico de resistencia a la insulina estudiantes de pedagogía de la UMCE.

### **3.3.3 Criterios de inclusión.**

- Mujer
- Joven
- Sedentaria
- Diagnóstico de resistencia a la insulina (insulinemia > a 60 uU/mL posterior a una carga de 75g de glucosa en el examen de curva de insulina y < a 200 uU/mL)
- Estudiante de pedagogía de la UMCE

### **3.3.4 Criterios de exclusión.**

- Limitaciones mecánicas para la realización de ejercicio
- Presencia de patologías respiratorias crónicas
- Tratamiento farmacológico con MTF
- HTA

## **3.4. Intervención**

### **3.4.1 Descripción de la intervención.**

Cada participante ingresó al estudio previa evaluación médica, realizada por el médico del PSCV de la UMCE, con diagnóstico de RI (insulinemia > 60 uU/mL posterior a una carga de 75g de glucosa en el examen de curva de insulina y < a 200 uU/mL), cumpliendo con los criterios de inclusión y exclusión. Se les presentó el consentimiento informado, el que firmaron de manera voluntaria y se realizó el HST donde se determinó el IAC. Pasado dos días se dio inicio a la intervención desarrollada durante cuatro semanas, distribuidas en 12 sesiones de entrenamiento HIIT en bicicleta estática SportArt modelo C55U, en dos grupos horarios, de mañana (9:00 a 12:00 horas) y de tarde (de 14:00 a 17:00 horas), tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) en sesiones de 30 minutos. Asegurando un tiempo de recuperación entre sesiones de no menor a un día.

Cada sesión de entrenamiento HIIT consistió en

### **Evaluación inicial**

- Cada participante debió usar un aparato de control continuo de frecuencia cardiaca (sensor de frecuencia cardiaca Polar FS1).
- Monitoreo de la presión arterial y la frecuencia cardiaca en reposo como medida de seguridad de cada participante.

### **Calentamiento:**

- Durante 5 minutos la participante pedalea en bicicleta alcanzando hasta un 40% de su frecuencia cardiaca de trabajo según la fórmula de Karvonen.

### **Periodo de ejercicio interválico:**

- Durante 20 minutos la participante intercala 10 intervalos de un minuto de pedaleo de alta intensidad (Frecuencia cardiaca de trabajo según la fórmula de Karvonen  $\geq$  80% ) con 10 intervalos de un minuto de recuperación pasiva.
- Durante los intervalos de ejercicio de alta intensidad se monitoreó la frecuencia cardiaca para asegurar que la participante llegara al menos al 80% de su frecuencia de trabajo según la fórmula de Karvonen, además se registró el nivel de esfuerzo basado en la escala de Borg modificada, cada sujeto debía alcanzar al menos un 8 en la escala, lo que se correlaciona con un ejercicio de alta intensidad.
- En los minutos de recuperación pasiva se aseguró que la frecuencia cardiaca de cada participante estuviera por debajo del 80% de su frecuencia de trabajo y que disminuyera su nivel de esfuerzo basado en la escala de Borg modificada.
- Al finalizar el último minuto de ejercicio de alta intensidad se monitoreó la presión arterial de cada participante evaluando su respuesta cardiovascular al ejercicio.

## **Vuelta a la calma**

- Durante 5 minutos la participante pedaleó a una intensidad baja con el fin de ir normalizando su frecuencia cardiaca.

## **Evaluación final**

- Monitoreo de la presión arterial y frecuencia cardiaca como medida de seguridad de cada participante.
- Retiro de aparato de control continuo de frecuencia cardiaca (sensor de frecuencia cardiaca Polar FS1).

Finalizada la intervención del entrenamiento HIIT realizado durante cuatro semanas, se volvió a evaluar el IAC de las participantes utilizando el HST y se derivó con el médico del PSCV para reevaluación y solicitud de una segunda curva de insulina, a realizarse en la primera semana post intervención con el fin de analizar la efectividad del entrenamiento según los objetivos de la investigación.

## **3.5 Instrumentos de recolección de datos**

### **3.5.1 Test del escalón de Harvard**

Para la medición del IAC tanto al inicio como al final de la intervención se utilizó el HST, estimando la capacidad aeróbica del sujeto. Se caracteriza por su fácil aplicación con un mínimo de equipamiento (Una plataforma, cronómetro, metrónomo y un sensor de frecuencia cardiaca). El procedimiento de la prueba en términos simples consiste en que la persona debe subir y bajar una plataforma de 45.7 cm de alto, a una velocidad de 24 ciclos por segundo, durante cuatro minutos o hasta el agotamiento. Un ciclo se considera desde que el participante despega un pie, hasta cuando baja la plataforma con la misma pierna, teniendo en cuenta de que una vez arriba debe existir una extensión de cadera y columna antes de bajar. Los criterio de detención de la prueba son cuando el sujeto presenta cualquier signo de intolerancia al ejercicio, no puede mantener la cadencia por 15 segundos o cuando existe una mala ejecución de la prueba.

Debe existir una preparación del sujeto para la prueba, en donde se le explica el concepto de la prueba del escalón, se deja descansar mínimo 5 minutos donde se pesquiza la presión arterial y la frecuencia cardiaca de reposo, analizando si el sujeto está en condiciones de realizar la prueba. Se demuestra la manera correcta de ejecución de la prueba y se ofrece un periodo de prueba para que el sujeto se familiarice con esta.

La fiabilidad del test depende de lo estricto que se lleve a cabo la prueba y el nivel motivacional del individuo. La validez de los resultados de las pruebas son apropiadas y significativas, existiendo una correlación con el VO<sub>2</sub>max entre el 0.6 a 0.8 en numerosos estudios.

### **3.5.2 Examen de curva de insulina**

El examen de la curva de insulina es un método sencillo y fiable de medición de los niveles y el comportamiento de la insulina tras una carga de glucosa, permitiendo cuantificar la insulinemia, lo que determina presencia o ausencia de RI.

El sujeto deberá presentar un ayuno de por lo menos ocho horas, con una dieta y AF normal 3 días antes del examen. El día del examen se tomará una muestra de sangre, para poder medir la insulina basal del sujeto, se le administrará una carga de 75g de glucosa disuelta en 300ml de agua, y se volverá a tomar una muestra de sangre después de 120 minutos, que entregará la información de cómo responde la insulina frente a cargas de glucosa en el organismo.

El examen permite pesquisar la existencia de RI cuando se observan valores en la insulinemia mayores a 60 uU/mL 120 minutos después de administrada la carga de glucosa, con la condición de que la glicemia sea menor a 140 uU/ml también a los 120 minutos, esto último para descartar un estado de ITG. Si bien estos puntos de corte son utilizados en la práctica clínica como elementos de sospecha de RI, no han sido validados como estándares universales para efectuar un diagnóstico preciso, pero sí es una herramienta sencilla y fiable para la medición de los niveles de insulina y pesquisar una RI en las personas (Arancibia, 2014).

### **3.6. Consideraciones Bioéticas**

A cada sujeto de investigación se le realizó una evaluación médica previa en el Centro Médico UMCE, donde se pesquisó el estado de salud general, para luego ser derivadas al PSCV a cargo de la Kinesióloga Claudia Vidal Cerda. Sus derechos como pacientes fueron resguardados al estar al alero de una kinesióloga especialista. Dentro de este contexto participaron del estudio en base a HIIT

Para evitar lesiones se realizó un adecuado calentamiento como medio de prevención y preparación del sujeto, sin embargo, se corría el riesgo de sufrir lesiones músculo esqueléticas, como las que pueden ocurrir en la realización de cualquier ejercicio físico, especialmente de alta intensidad. Si se presentaba el caso se encontraban en un lugar que reunía las condiciones adecuadas para ser tratadas correctamente.

Antes de comenzar a participar de las intervenciones de la investigación se realizó el proceso de presentación del protocolo, especificando claramente en qué consistiría y en los tiempos en que se llevarían a cabo. Esto se logró mediante una entrevista personal con cada una de las participantes de la muestra, dentro de las dependencias del Campus Joaquín Cabezas, en el contexto del PSCV UMCE. El procedimiento informativo se realizó junto a la instancia evaluativa, considerando criterios de inclusión y exclusión, en el cual también se presentó el consentimiento informado basándose en la aprobación del comité de ética de la Universidad de la Frontera, que explicó básicamente los derechos y deberes del sujeto, en donde se reconoce su participación voluntaria y fue informada la posibilidad de abandonar la investigación sin ningún tipo de explicación, también se especificó en qué consistía el estudio y cada una de las mediciones que se iban a realizar. Esto se explicó mediante una entrevista personal a cada participante, por el hecho de ser todas mayores de edad, finalmente se obtuvo la firma de cada una, lo que confirmaba su participación voluntaria en la investigación.

Al iniciar la intervención, las participantes del estudio se identificaron con una codificación que consistía en las iniciales de su nombre, las cuales fueron conocidas solo por el grupo tesista, el profesor guía y la profesora patrocinante, quien es la Kinesióloga a cargo del PSCV UMCE Claudia Vidal.

Todas las participantes recibieron el mismo tipo de entrenamiento HIIT, el cual, de acuerdo a la evidencia otorga beneficios en la capacidad aeróbica y en la SI igual o superior a un entrenamiento convencional de intensidad moderada, sin embargo, lo consigue en un menor tiempo de duración de cada sesión.

### **3.7. Plan de Análisis de los Resultados**

#### **3.7.1 Plan de análisis de los resultados.**

- Estadística descriptiva: Para la descripción muestral de las variables se utilizó promedios, mediana, desviación estándar, intervalos de confianza y coeficiente de variación.
- Estadística analítica: Se aplicó el test de Shapiro-Wilk para determinar si las variables corresponden a una distribución normal. Las Diferencias entre los valores Pre y Post intervención se determinaron con test de t de Student para muestras relacionadas. La dos variantes dependientes son la insulinemia 120 minutos post 75g de glucosa vía oral y el IAC.

En el análisis de los resultados en cuanto a los objetivos planteados, la caracterización de la muestra y los tipos de variables en cuestión, se utilizó principalmente estadística descriptiva. Además se construyen gráficos descriptivos para facilitar el reporte de los datos. El nivel de significancia se determinó en  $p < 0.05$ .

#### **3.7.2 Programa de análisis de los datos.**

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con software estadístico Stata (versión 12).

## **CAPITULO 4: RESULTADOS**

#### 4.1 Descripción de la Muestra

La muestra está compuesta por diez mujeres pertenecientes al PSCV de la UMCE. Todas ellas estudiantes de pedagogía, sedentarias y con diagnóstico de RI confirmado con el examen de curva de insulina. En la tabla 1 se describen las variables de edad, características antropométricas (peso, talla, IMC, % de masa grasa), Insulina basal e IAC basal. Calculando el promedio, mediana, desviación estándar, intervalos de confianza (IC(95%)) y coeficiente de variación.

**Tabla1.** Descripción de la Muestra

Variable	Promedio	Mediana	DE	IC (95%)	CV
Edad (años)	20.8	21	2.48	19.02 - 22.57	0.119
Peso (kg)	76.05	77.85	11.76	67.63 - 84.46	0.154
Talla (cm)	159.9	157	7.82	154.30 - 165.49	0.048
IMC	30.34	29.75	6.48	25.70 - 34.97	0.213
Masa Grasa (%)	46.21	47.65	7.19	41.06 - 51.35	0.155
Insulina Basal (uU/mL)	100.81	96.95	33.79	76.63 - 124.98	0.335
IAC Basal	42.495	42.475	12.54	33.51 - 51.47	0.295

*Abreviaciones: DE: Desviación Estándar, IC(95%): Intervalo de Confianza 95%, CV: Coeficiente de Variación, IAC: Índice de Aptitud Cardiorrespiratoria.*

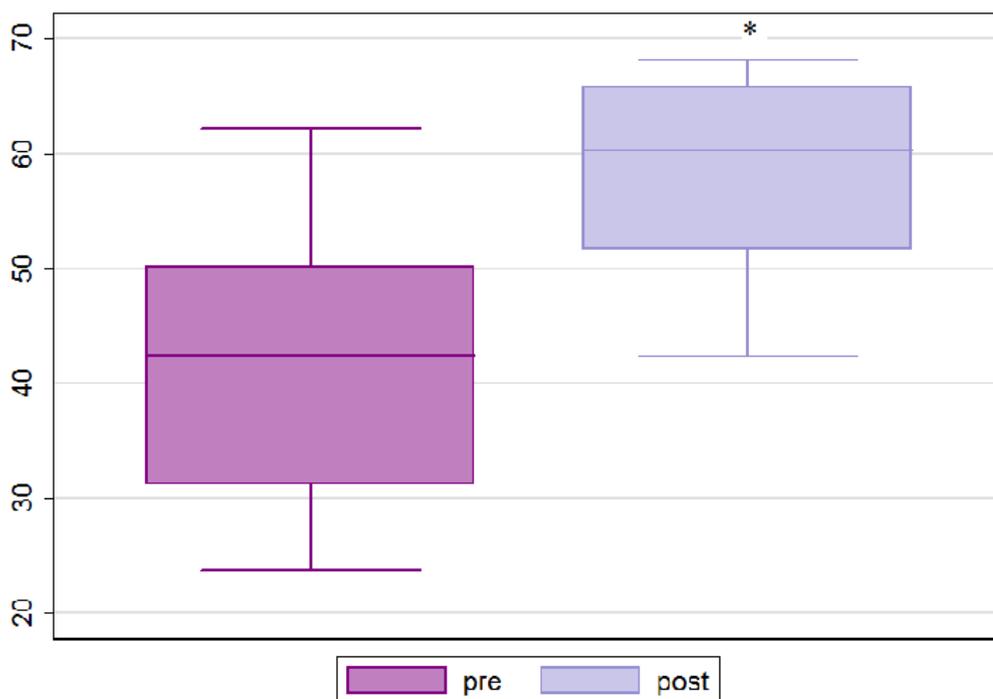
La edad ( $20.8 \pm 2.48$ ), el peso ( $76.05 \pm 11.76$ ), el IMC ( $30.34 \pm 6.48$ ), El porcentaje de masa grasa ( $46.21 \pm 7.19$ ), la insulina basal ( $110.81 \pm 33.79$ ) y el IAC ( $42.49 \pm 12.54$ ) sugieren según sus coeficientes de variación (0.119, 0.154, 0.213, 0.155, 0.335, 0.295) una homogeneidad media de la muestra para cada una de estas variables.

La talla ( $159.9 \pm 7.82$ ) según su coeficiente de variación (0.048) sugiere una alta homogeneidad de la muestra para esta variable.

### 4.3 Índice de aptitud cardiorrespiratoria

El grupo de diez mujeres insulino resistentes intervenidas con 12 sesiones de HIIT, realizando una evaluación del IAC antes y después de la intervención utilizando el HST para la estimación de la capacidad aeróbica. Reportó un aumento de un 37.02% de los promedios del IAC desde un 42.495 (DE  $\pm$  12.54) a un 58.228 ( DE  $\pm$  8.23), alcanzando una diferencia significativa ( $p = 0.0007$ ).

**Figura 1:** IAC antes y después de 12 sesiones de entrenamiento HIIT, en mujeres jóvenes, sedentarias, con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía de la UMCE

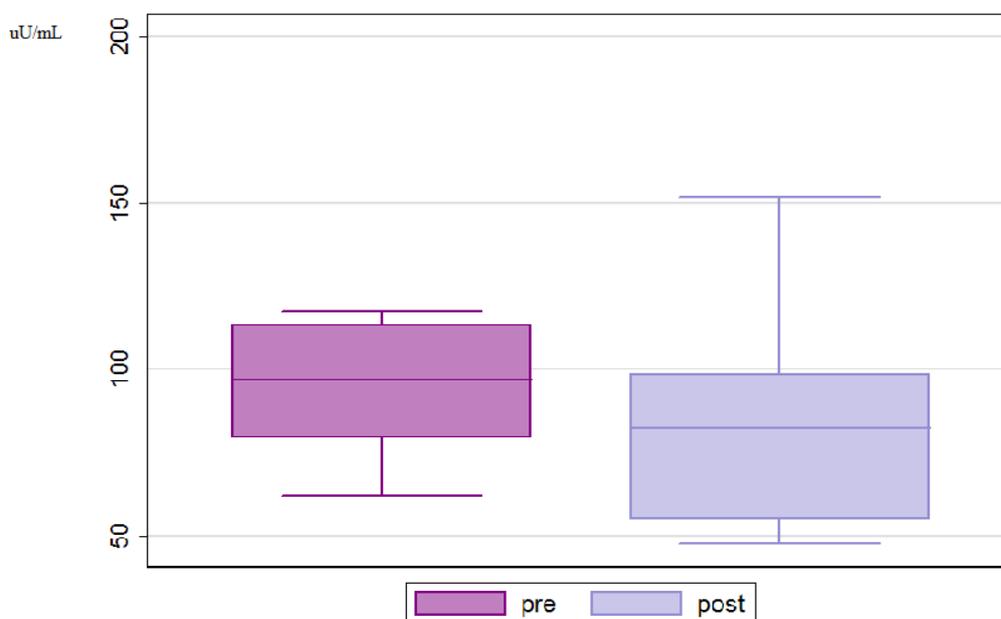


IAC antes (pre) y después (post) de 12 sesiones de entrenamiento HIIT, en mujeres jóvenes, sedentarias, con diagnóstico de RI, estudiantes de pedagogía UMCE, el cual muestra una diferencia significativa ( $p = 0.0007$ ).

## 4.2 Insulinemia 120 minutos post 75g de glucosa vía oral.

El grupo de diez mujeres insulino resistentes intervenidas con 12 sesiones de HIIT, realizando una pesquisa de los niveles de insulina a los 120 minutos posterior a someterlas a una carga de 75g de glucosa, medido con el examen de curva de insulina antes y después de la intervención HIIT. Reporta una disminución de un 10.67% en los promedios de niveles de insulina de 100.81 uUI/mL (DE  $\pm$  33.79) a 90.045 uUI/ml (DE  $\pm$  41.11), sin embargo no alcanza una diferencia significativa ( $p = 0.2685$ ) en la disminución de los niveles de insulina.

**Figura 2:** Insulinemia 120min post 75g de glucosa vía oral antes y después de 12 sesiones de entrenamiento HIIT en mujeres jóvenes, sedentarias, con diagnóstico de RI, estudiantes de pedagogía de la UMCE.



Insulinemia 120min posterior a 75g de glucosa vía oral antes (pre) y después (post) de 12 sesiones de entrenamiento HIIT en mujeres jóvenes, sedentarias, con diagnóstico de RI, estudiantes de pedagogía UMCE, la cual no muestra diferencias estadísticamente significativas.

Por otra lado, un 30% de las participantes dejaron la condición de RI, definido como presentar menos de 60 uUI/mL en la insulinemia 120 minutos post 75g de glucosa vía oral en el examen de curva de insulina. Esto representa a tres participantes, las cuales promedian en los resultado de dicho examen 51.28 uUI/mL (DE  $\pm$  3.65).

## **CAPITULO 5: DISCUSIÓN**

La génesis de esta investigación nace desde el interés por el estudio de dos FR muy prevalentes en la población joven, el sedentarismo y la RI. El primer factor, el sedentarismo, es definido como una conducta donde se sobrepasa levemente el gasto energético basal durante las horas de vigilia a lo largo del día, problema de salud pública que conlleva una serie de consecuencias negativas para el organismo, como es la baja capacidad aeróbica, la cual es considerada un parámetro independiente para el desarrollo de ECV. El segundo factor, la RI, es un estado reversible donde existe una disminución de la acción biológica de la hormona insulina, producto de un deterioro de las células secretoras y una falla en el receptor periférico de esta hormona. Ambos factores claves en el desarrollo de DMII, patología que reporta un ascenso en su prevalencia con el paso de los años, siendo mayor en mujeres y también considerada un problema de salud público en Chile y a nivel mundial.

A través del ejercicio físico es posible revertir las fases iniciales de la DMII, como son la RI y la ITG. Su acción se basa en el efecto terapéutico sobre la masa muscular, la lipólisis, la biogénesis mitocondrial y la contracción muscular con activación de AMPK, estimulando la translocación de GLUT4, por ende la captación de glucosa. Basados en esta información se pretendió estudiar el efecto del ejercicio físico en el aumento del IAC, como reflejo de la capacidad aeróbica, y el aumento de la SI en mujeres estudiantes universitarias de Chile. Sin embargo, el tiempo requerido para un entrenamiento convencional es incompatible con el tiempo disponible de una estudiante universitaria, por lo que se consideró el HIIT como una alternativa, ya que dicho entrenamiento ocupa una cantidad de tiempo menor e induce adaptaciones fisiológicas similares a las esperadas en uno tradicional de resistencia. Con esto se propuso evaluar el efecto potencial de 12 sesiones de HIIT, organizado en tres sesiones semanales, en el mejoramiento del IAC, evaluado mediante HST y el aumento de la SI, evaluado mediante la insulinemia 120 min post 75g de glucosa vía oral, en mujeres sedentarias, con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía pertenecientes a la UMCE.

Como resultados obtenidos en la investigación, comparando el IAC y la insulinemia post 75g de glucosa vía oral, de diez participantes mujeres, sedentarias con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía pertenecientes a la UMCE, antes y después de 12 semanas de un entrenamiento HIIT. Se reporta un incremento significativo en el IAC, una disminución

no significativa en los niveles de insulina, además se identificó que tres de las diez participantes abandonaron la condición de RI, normalizando su metabolismo de glucosa.

La capacidad aeróbica aumentó un 37.02%, mayor a lo reportado en la literatura, pese a que no hay otros estudios de comparación con las mismas semanas de ejercicio y utilizando la misma herramienta de evaluación. Existen estudios que evaluaron la efectividad del HIIT como método de incremento de la capacidad aeróbica midiendo el VO<sub>2</sub>max. Helgerud y cols emplearon 4 modalidades de ejercicios y hallaron cambios significativo (5.5% y 7.2%) únicamente en los grupos que realizaron HIIT por 8 semanas. Por otra parte en Chile, Mancilla y cols emplearon una modalidad de HIIT similar a nuestro estudio y reportaron un cambio en el VO<sub>2</sub>max de un 24.6% entrenando durante tres meses a pacientes intolerantes a la glucosa.

Con relación al HST como herramienta de evaluación, el IAC presenta una buena correlación con el VO<sub>2</sub>max, por lo tanto es una forma sencilla de estimación de la capacidad aeróbica. La talla de las participantes, pudo haber sido un factor que podría haber influenciado en el rendimiento de la prueba, debido a que la altura de la plataforma es fija (45cm de alto), por ende una persona más alta necesitaría una menor energía para completar el trabajo. Sin embargo, el coeficiente de variación al analizar todas las estaturas de las participantes del estudio fue de solo un 4.8%, lo que refiere una alta homogeneidad de la muestra en esta variable. Es decir que la talla de las participantes no influyó de alguna manera en los resultados de la investigación al evaluar la capacidad aeróbica.

La insulinemia 120 minutos post carga de 75g de glucosa disminuyó un 10.67% en el grupo de mujeres entrenadas con 12 sesiones HIIT. Si bien no se presentó una diferencia significativa, existe una tendencia a normalizar los niveles de insulina, por lo que resulta una herramienta de intervención interesante a estudiar modificando variables como el número de sesiones y agregando el trabajo en conjunto con nutricionista para conseguir mejores resultados.

La población joven es un grupo importante a intervenir en prevención y modificación temprana de los estilos de vida, debido a que las decisiones tomadas en esta época, tienen efectos favorables o desfavorables para el resto de la vida. Esto reúne a gran parte de la

población universitaria en donde los individuos ganan mayor autonomía y asumen la responsabilidad de su autocuidado, por lo tanto es una etapa crítica para el desarrollo de sus estilos de vida (Morales, 2013).

La UMCE es una universidad pedagógica, por lo tanto formará futuros profesores, lo que se hace relevante debido a que en el futuro, transmitirán su información y experiencia a las nuevas generaciones, de ahí que resulte importante el trabajo preventivo en el control de los FR y la búsqueda de estrategias para fomentar estilos de vida saludable en la población universitaria.

Existen pocos estudios que valoren la efectividad del HIIT en menos de cuatro semanas como es el caso de esta investigación. Whyte y cols analizaron la respuesta en la disminución en el área bajo la curva de insulina en personas sedentarias, con sobrepeso y alteraciones metabólicas, luego de dos semanas de entrenamiento HIIT, no presentando diferencia significativa a las 72 horas de finalizada la intervención. Asimismo Skleryk y cols compararon un entrenamiento aeróbico (65% del VO<sub>2</sub>max) con un entrenamiento HIIT durante dos semanas, en el cual no hubo diferencias significativas para RI entre el grupo de ejercicio aeróbico y el grupo HIIT, esto podría deberse a un estímulo insuficiente de tiempo de intervención para reducir la RI. Por otra parte, estudios con duraciones de 12 semanas de HIIT en mujeres intolerantes a la glucosa (Alvarez y cols y Richards y cols) han encontrado significancia en la reducción de la insulina plasmática. Por lo que se infiere que el tiempo de duración de la intervención podría ser influyente en la reducción significativa de la insulina plasmática en personas con alteraciones metabólicas. Además, un estudio que investigó la influencia de un programa de entrenamiento progresivo con sobrecarga dos veces por semana en varones con DMII, no observó ninguna variación significativa en ninguno de los parámetros medidos durante el período control de 4 semanas, pero sí luego de 16 semanas, donde la SI aumentó significativamente (46,3%) (Ibañez, 2005). Lo que reafirma que para ver cambios significativos es necesario un aumento en el tiempo de intervención, objetivo que en el HIIT se puede alcanzar con menor cantidad de tiempo por sesión.

El HIIT es un tipo de entrenamiento en el cual se pueden modificar tanto la intensidad como los tiempos de duración de los intervalos de ejercicio y recuperación, sin

embargo, la literatura sugiere que no existen diferencias significativas entre los distintos protocolos en cuanto a la eficacia del HIIT en la intervención de los parámetros de RI, glucosa en ayuna e insulina en ayuno (Jelleyman, 2015).

En este estudio no se controló la ingesta calórica de las participantes ni se les dio recomendaciones alimentarias, esto puede ser una variable importante dentro de los resultados obtenidos, ya que, la evidencia dice que las medidas más importantes para el tratamiento de la RI son un cambio en el estilo de vida, el ejercicio físico y la reducción del sobrepeso, por lo que controlar la dieta es un factor importante a considerar. Esto resulta preponderante debido a que el promedio del IMC inicial de las participantes fue de 30,34, lo que sugiere que era un grupo con obesidad, por lo que presentan un estado proinflamatorio propio de la obesidad, que produce el exceso de tejido adiposo, que interfiere, entre otros mecanismos, en la ruta de señalización de la insulina (Acosta, 2012). Sin embargo estudios reportan que no es necesario una disminución drástica en el peso para mejorar la SI utilizando el ejercicio físico como intervención, por lo anterior el peso no fue planteado como un objetivo a analizar en esta investigación (Olmos, 2003).

El 30% de las mujeres de la muestra abandonaron la condición de RI, promediando 51.28 uUI/mL (DE  $\pm$  3.65) en la medición de la curva de insulina post entrenamiento, luego de la intervención HIIT realizada durante cuatro semanas. Esto se puede explicar dado que dichas participantes presentaron los valores más bajos en el examen inicial de insulinemia, lo cual las acercaba más a la meta, y por lo tanto consiguieron abandonar la condición de RI.

Según los niveles de insulina con que se presentaron las participantes en este estudio, la totalidad de ellas podría haber recibido tratamiento con MTF. De acuerdo con la literatura y con lo que concuerda este estudio, el ejercicio físico resulta una manera fiable para el tratamiento de la RI, facilitando la regulación metabólica del organismo. El ejercicio regular puede impedir la aparición de DMII en personas con riesgo de padecerla (ADA 2007) y postergar el inicio en el consumo de fármacos para el control metabólico. El HIIT es una herramienta tiempo eficiente que ha demostrado tener beneficios mayores o similares en comparación a un entrenamiento de resistencia (Gibala 2011, Álvarez 2012).

### **Limitaciones y fortalezas**

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentra la heterogeneidad de la muestra en tanto a la variable de insulinemia pre intervención de las participantes, es decir, se debió acotar mas los criterios de inclusión correspondientes a este punto. Se hace prudente además sugerir una intervención en esta misma población con una muestra de mayor tamaño, ya que nuestros resultados no alcanzaron una diferencia significativa, pero sí se produjo una baja en los niveles de insulina en el 80% de las participantes.

Es relevante también destacar algunas fortalezas del presente estudio, como lo fue el diseño del programa de ejercicio que se realizó considerando protocolos de simple aplicación, y factibles de ser replicados bajo cualquier contexto de PSCV, además al presentar un bajo costo de tiempo, las participantes del estudio no presentaron problemas en la adherencia de la intervención pudiendo realizar ejercicio físico sin incumplir en sus actividades universitarias, cuestión muy importante, ya que la mayor excusa para no realizarlo era la falta de tiempo por motivos académicos.

## **CAPITULO 6: CONCLUSIONES**

La DMII es considerada un problema de salud pública con creciente prevalencia tanto en Chile como en el mundo, por lo que se hace relevante la intervención en etapas tempranas del desarrollo de la patología como la RI, enfocando los esfuerzos en la población joven, la cual se encuentra en una etapa crítica para el desarrollo de estilos de vida. Los jóvenes universitarios en su gran mayoría argumentan falta de tiempo como la mayor limitante para la práctica regular de AF. Por lo tanto, la utilización de ejercicio físico como herramienta terapéutica, debe realizarse considerando estos factores, es decir, implementando estrategias que se adecuen a los estilos de vida la población joven. En este contexto, esta investigación propone un programa de entrenamiento del tipo HIIT durante cuatro semanas en mujeres con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía pertenecientes a la UMCE, controlando los niveles de insulinemia post carga de 75g de glucosa y el IAC de las participantes antes y después de la intervención. Según los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:

1. La intervención con el entrenamiento HIIT en el grupo de mujeres jóvenes, sedentarias con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía de la UMCE no alcanzó una diferencia significativa en la variable de insulinemia post carga. Sin embargo, sí se reporta una tendencia a la disminución de los niveles de insulina luego de la intervención con HIIT.
2. La intervención con el entrenamiento HIIT en el grupo de mujeres jóvenes, sedentarias con diagnóstico de RI estudiantes de pedagogía de la UMCE alcanzó una diferencia significativa en la variable IAC, evaluado con el HST.
3. El protocolo de HIIT propuesto en este estudio logró que el 30% del total de la muestra abandonara la condición de RI, lo que resulta relevante, ya que una intervención con ejercicio físico de estas características, puede ser útil para normalizar los niveles de insulina en mujeres estudiantes universitarias con RI sin necesidad de medicación con MTF.

4. Esta investigación sostiene que el programa de entrenamiento HIIT realizado en esta intervención, es factible y seguro de implementar en un PSCV destinado a favorecer control metabólico de estudiantes universitarias con RI. Además supone un mejoramiento de la capacidad aeróbica, a partir de un aumento demostrado en el IAC.

El HIIT es una estrategia que obtiene resultados similares comparados con los protocolos de entrenamiento tradicionales con un requerimiento de tiempo significativamente menor, por lo que la convierte en una herramienta de interés para el tratamiento de mujeres con RI. Sin embargo, se necesita mayor evidencia sobre la efectividad del entrenamiento físico tipo HIIT en mujeres con diagnóstico de RI, en distintos rangos etarios, con mayor duración de la intervención y con un mayor número de participantes, con el fin de confirmar o refutar los resultados obtenidos en esta investigación. Estas estrategias metodológicas podrían aportar a la investigación en esta área, disminuyendo la probabilidad de error por falta de potencia estadística.

Finalmente futuros estudios podrían establecer la efectividad del HIIT como parte de un trabajo en equipo, para evaluar la eficacia dentro de un contexto multidisciplinario en un PSCV, aportando de esta forma una propuesta kinésica innovadora en el área de la prevención cardiovascular.

## **CAPITULO 7: BIBLIOGRAFIA**

1. INE (2003-2005) Anuario de Estadísticas Vitales, Santiago de Chile.
2. Mauro-Martin,I. De la Calle,L. Sanz, S. Garicano,E. Ciudad, M. Collado,L. (2016). Enfoque genómico en la enfermedad cardiovascular. Nutr Hosp, 33 , 148-155.
3. Martinez, M. Leiva, A. Sotomayor, C. Victoriano, T. Von Chrismar, A. Pineda, S. (2012). Factores de riesgo cardiovascular en estudiantes de la Universidad Austral de Chile. Revista médica de Chile, 140, 426-435.
4. MINSAL. (2014). Implementación del enfoque de riesgo para la prevención de enfermedades cardiovasculares. Santiago, Chile.
5. Lobos, J. Brotons, C. (2011). Factores de riesgo cardiovascular y atención primaria: evaluación e intervención. Aten primaria, 43, 668-677.
6. Rojas,E. Molina,R. Rodríguez, C. (2012). Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo , 10.
7. MINSAL. (2010). Guía Clínica Diabetes Mellitus tipo 2. Santiago, Chile.
8. Asociación americana de Diabetes. (2012) Recomendaciones de la Asociación Americana de Diabetes con los conceptos actualizados para el diagnóstico y clasificación de la diabetes.. Diabetes Care, 35.
9. Asociación Latinoamericana de Diabetes Mellitus (2006). Guías ALAD 2006 de diagnóstico control y tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2.
10. MINSAL. (2008). Implementación del enfoque de riesgo en el Programa de Salud Cardiovascular. Santiago, Chile.

11. World Health Organization. Dept. of Noncommunicable Disease Surveillance. (1998) Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabetic medicine*, 7, 539-553.
12. World Health Organization. (2016). Diabetes. Recuperado el 19 de Diciembre de 2016 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es>.
13. Wilcox, G. (2005). Insulin and insulin resistance. *Clinical Biochemist Reviews*, 26, 19-39.
14. Norton, L. DeFronzo, R. (2014). Skeletal Muscle Glucose Metabolism and Insulin Resistance. *Pathobiology of human disease*. 477-487.
15. Calderón, A. (2007). Epidemiología, genética y mecanismos patogénicos de la diabetes mellitus. *Revista Española de Cardiología*. 7, 2-11.
16. Westermarck P, Wilander E. (1978) The influence of amyloid deposits on the islet volume in maturity onset diabetes mellitus. *Diabetología*, 15, 417-421.
17. Carrera, CA. Martínez-Moreno, JM. (2013). Pathophysiology of diabetes mellitus type 2: beyond the duo "insulin resistance-secretion deficit". *Nutrición Hospitalaria*. 28, 78-87.
18. Maedler, K. Spinas, GA. Dyntar, D. Moritz, W., Kaiser, N. Donath, MY. (2001). Distinct effects of saturated and monounsaturated fatty acids on beta cell turnover and function. *Diabetes*. 50, 69-76.
19. American Diabetes Association. (2014). Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 37, S81-S90
20. Muniyappa, R. Lee, S. Chen, H. Quon, MJ. (2008). Current approaches for assessing insulin sensitivity and resistance in vivo: advantages, limitations, and appropriate usage. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*, 294, E15-26.

21. Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. (2003). Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 26, S5-20.
22. Pollak, F. Araya, V. Lanas, A. Sapunar, J. (2015). II Consenso de la Sociedad Chilena de Endocrinología y Diabetes sobre resistencia a la insulina. *Revista Médica de Chile*. 143, 637- 650.
23. Orchard, TJ. Temprosa, M. Goldberg, R. Haffner, S. Ratner, R. Marcovina, S. Fowler, S. (2005) The effect of metformin and intensive lifestyle intervention on the metabolic syndrome: the Diabetes Prevention Program randomized trial. *Annals of Internal Medicine*. 142, 611-9.
24. Egan, B. Zierath, JR.(2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*. 17, 162-184
25. Sharoff, CG. Hagobian, TA. Malin, SK. Chipkin, SR. Yu, H. Hirshman, MF. Goodyear, LJ. Braun, B. (2010). *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*. 298, E815- 23.
26. Malin, S. Gerber, R. Chipkin, S. Braun, B. (2012). Independent and Combined Effects of Exercise Training and Metformin on Insulin Sensitivity in Individuals With Prediabetes. *Diabetes Care*. 35, 131-136.
27. MINSAL. Encuesta nacional de salud 2009-2010. Santiago, Chile.
28. Nocon, M. Hiemann, T. Müller-Riemenschneider, F. Thalau, F. Roll, S. Willich,SN. (2008). Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. 15, 239-246.

29. Hakim, AA. Petrovitch, H. Burchfiel, M. Ross, WG. Rodriguez, BL. White, LR. Yano, K. Curb, JD. Abbott, RD. (1998). Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. *The new england journal of medicine*. 338, 94-109.
30. Cristi-Montero, C. Rodríguez, FR. (2014). The paradox of being physically active but sedentary or sedentary but physically active. *Rev Med Chile*. 142 (1), 72-8.
31. Celis-Morales, CA. Pérez-Bravo, F. Ibañez, L. Sanzana, R. Hormázabal, E. Ulloa, N. Calvo, C. Bailey, ME. Gill, JM. (2011). Insulin Resistance in Chileans of European and Indigenous Descent: Evidence for an Ethnicity x Environment Interaction. *Plos one*. 6 (9): e24690.
32. World Health Organization. (2009). *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. Ginebra, Suiza.
33. Vidarte, J. Vélez, C. Sandoval, C. Alfonso, M. (2011). Actividad Física: Estrategia de promoción de la salud. *Hacia la Promoción de la Salud*. 16 (1), 202 - 218.
34. Myers, J. Prakash, M. Froelicher, V. Do, D. Partington, S. Atwood, J. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 346, 793-801.
35. Weber, KT. Kinasewitz, GT. Janicki, JS. Fishman, AP. (1982). Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure. *Circulation*. 65 (6), 1213-23.
36. Kessler, HS. Sisson, SB. Short, KR. (2012). The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sport med*. 42(6), 489-509.
37. American College of Sports Medicine (1999). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio*. Paidotribo: Barcelona.

38. Albouaini, K. Egred, M. Alahmar, A. Wright, DJ. (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Heart. Postgrad Med J.* 83 (985), 675-82
39. Londeree, BR. Moeschberger, ML. (1984). Influence of age and other factors on maximal heart rate. *J Cardiac Rehabil.* 4,44-49.
40. Vargas, F. (2000). Inactividad como factor de riesgo coronario. *Rev. costarric. cardiol.* 2 (2).
41. Duperly, J. (2005). Sedentary vs. Active lifestyle in metabolic syndrome. *Acta Médica Colombiana.* 30,133-136. Bogotá, D.C.
42. Wilmore, J. Costill, D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (6 ed.). Paidotribo.
43. Weston, K. Wisloff, U. Coombes, J. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 48, 1227-1234.
44. Midgley, AW. McNaughton, LR. Carroll, S. (2007). Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at VO<sub>2</sub>max. *Int J Sports Med.* 28(4) 273-80.
- Dupont, G. Bosquet, L. Laure, P. Millet, G. (2007). *Me'thodologie de l'entrainement.* Francia: Ellipses Marketing.
45. Guiraud, T. Nigam, A. Gremeaux, V. Meyer, P. Juneau, M. Bosquet, L. (2012). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sport Med.* 42(7), 587-605.
46. Dupont, G. Blondel, N. Berthoin, S. (2003). Performance for short intermittent runs: active recovery vs. passive recovery. *Eur J Appl Physiol.* 89:548-54.
47. Billat, LV. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 31(1),13-31.

48. Gibala, M. Little, J. Macdonald, M, Hawley, J. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 590(Pt5), 1077-1084.
49. King, AC. Haskell, WL. Young, DR. Oka, RK. Stefanick, ML. (1995). Long-term effects of varying intensities and formats of physical activity on participation rates, fitness, and lipoproteins in men and women aged 50 to 65 years. *Circulation.* 91(10), 2596-2604.
50. Burgomaster, KA. Howarth, KR. Phillips, SM. Rakobowchuk, M. Macdonald, MJ. McGee, SL. Gibala, MJ. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 586, 151–160.
51. Stutts, WC. (2002). Physical activity determinants in adults. Perceived benefits, barriers, and self efficacy. *AAOHN J.* 50(11), 499–507.
52. Bartlett, JD. Close, GL. MacLaren, DP. Gregson, W. Drust, B. Morton, JP. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci.* 29(6), 547–553.
53. Gibala, MJ. Little, JP. van Essen, M. Wilkin, GP. Burgomaster, KA. Safdar, A. Raha, S. Tarnopolsky, MA. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol.* 575(Pt3), 901–911.
54. Little, JP. Safdar, A. Wilkin, GP. Tarnopolsky, MA. Gibala, MJ. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol.* 588 (Pt6), 1011–1022.

55. Wu, Z. Puigserver, P. Andersson, U. Zhang, C. Adelmant, G. Mootha, V. Troy, A. Cinti, S. Lowell, B. Scarpulla, RC. Spiegelman, BM. (1999). Mechanisms controlling mitochondrial biogenesis and respiration through the thermogenic coactivator PGC-1. *Cell* 98(1), 115–124.
56. Egan, B. Carson, BP. Garcia-Roves, PM. Chibalin, AV. Sarsfield, FM. Barron, N. McCaffrey, N. Moyna, NM. Zierath, JR. O’Gorman, DJ. (2010). Exercise intensity-dependent regulation of PGC-1 $\alpha$  mRNA abundance is associated with differential activation of upstream signalling kinases in human skeletal muscle. *J Physiol.* 588(Pt10), 1779–1790.
57. Hood, MS. Little, JP. Tarnopolsky, MA. Myslik, F. Gibala, MJ. (2011). Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci Sports Exerc.* 43(10), 1849–1856.
58. Little, JP. Safdar, A. Cermak, N. Tarnopolsky, MA. Gibala, MJ. (2010). Acute endurance exercise increases the nuclear abundance of PGC-1 $\alpha$  in trained human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 298(4), R912–R917.
59. Little, JP. Safdar, A. Bishop, D. Tarnopolsky, MA. Gibala, MJ. (2011). An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1 $\alpha$  and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 300(6), R1303– R1310.
60. Gibala, MJ. McGee, SL. Garnham, AP. Howlett, KF. Snow, RJ. Hargreaves, M. (2009). Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1 $\alpha$  in human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 106(3), 929–934.
61. Kang, C. O’Moore, KM. Dickman, JR. Ji, LL. (2009). Exercise activation of muscle peroxisome proliferator-activated receptor- $\gamma$  coactivator-1 $\alpha$  signaling is redox sensitive. *Free Radic Biol Med.* 47(10), 1394–1400.
62. Sandri, M. Lin, J. Handschin, C. Yang, W. Arany, ZP. Lecker, SH. Goldberg, AL. Spiegelman, BM. (2006). PGC-1 $\alpha$  protects skeletal muscle from atrophy by suppressing

FoxO3 action and atrophy-specific gene transcription. *Proc Natl Acad Sci USA*. 103(44), 16260–16265.

63. Benton, CR. Nickerson, JG. Lally, J. Han, XX. Holloway, GP. Glatz, JF. Luiken, JJ. Graham, TE. Heikkila, JJ. Bonen, A. (2008). Modest PGC-1 $\alpha$  overexpression in muscle in vivo is sufficient to increase insulin sensitivity and palmitate oxidation in subsarcolemmal, not intermyofibrillar, mitochondria. *J Biol Chem*. 283(7), 4228–4240.

64. Whyte, LJ. Gill, JM. Cathcart, AJ. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism*. 59(10), 1421–1428.

65. Rakobowchuk, M. Tanguay, S. Burgomaster, KA. Howarth, KR. Gibala, MJ. MacDonald, MJ. (2008). Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 295(1), R236–R242.

66. Little, JP. Gillen, JB. Percival, M. Safdar, A. Tarnopolsky, MA. Punthakee, Z. Jung, ME. Gibala, MJ. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol*. 111(6), 1554–1560.

67. Álvarez, C. Ramírez, R. Flores, M. Zúñiga, C. Celis-Morales, C. (2012). Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad. *Rev Med Chile*. 140, 1289-1296.

68. Towler, MC. Hardie, DG. (2007). AMP-activated protein kinase in metabolic control and insulin signaling. *Circ Res*. 100(3): 328-41.

69. Krssak, M. Petersen, KF. Bergeron, R. Price, T. Laurent, D. Rothman, DL. Roden, M. Shulman, GI. (2000). Intramuscular glycogen and intramyocellular lipid utilization during prolonged exercise and recovery in man: a <sup>13</sup>C and <sup>1</sup>H nuclear magnetic resonance spectroscopy study. *J Clin Endocrinol Metab*. 85(2), 748-54.

70. Morales, G. Del Valle, C. Soto, A. Ivanovic, D. (2013). Factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios. *Revista chilena de nutrición*, 40(4).
71. MINSAL. (2013). Programa nacional de salud integral de adolescentes y jóvenes. Santiago, Chile.
72. Organización Panamericana de Salud. (2010) . Estrategia y plan de acción regional sobre los Adolescentes y Jóvenes 2010–2018. Recuperado de <http://new.paho.org/hq/dmdocuments/2011/Estrategia%20y%20Plan%20de%20Acci%20n%20Regional%20sobre%20los%20Adolescentes%20y%20J%20venes.pdf>.
73. Palomo, I. Torres, G. Alarcón, M. Maragaño, P. Leiva, E. Mujica, V. (2006). Alta prevalencia de factores de riesgo cardiovascular clásicos en una población de estudiantes universitarios de la región centro-sur de Chile. *Revista española de cardiología*. 59, 1099-1105.
74. Martínez, M. Leiva, A. Sotomayor, C. Victoriano, T. Von Chrismar, A. Pineda, S. (2012). Factores de riesgo cardiovascular en estudiantes de la Universidad Austral de Chile. *Rev Med Chile*. 140, 426-435.
75. Bustos, P. Amigo, H. Arteaga, A. Acosta, A. Rona, R. (2003). Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en adultos jóvenes. *Rev med Chile*. 131, 973-980.
76. Sapunar, J. (2016). Epidemiología de la diabetes mellitus en Chile. *Revista médica clínica Las Condes*, 27, 146-151.
77. Hu G, Qiao Q, Tuomilehto J, Eliasson M, Feskens EJM, Pyorala K, et al. Plasma insulin and cardiovascular mortality in non-diabetic European men and women: a meta-analysis of data from eleven prospective studies. *Diabetologia* 2004; 47 (7): 1245-56)
78. Saad MF, Anderson RL, Laws A. A comparison between the minimal model and the glucose clamp in the assessment of insulin sensitivity across the spectrum of glucose tolerance. *Diabetes*. 1994;43:1114-21

79. Stephen Hough. (2004). The insulin resistance syndrome - diagnosis and management. JEMDSA, 9, 51-53.
80. Welch S, Gebhart SSP, Bergman RN, Philips LS. Minimal model analysis of intravenous glucose tolerance test-derived insulin sensitivity in diabetic subjects. J Clin Endocrinol Metab. 1990;71:1508-18.
81. Bergman RN, Finegood DT, Ader M. Assessment of insulin sensitivity in vivo. Endocrin Reviews. 1985;6:45-86.
82. Pollak,F., Araya, V., Lanasa, A., Sapunar, J. . (2015). II Consenso de la Sociedad Chilena de Endocrinología y Diabetes sobre resistencia a la insulina. Rev. méd. Chile, 143, 5.
83. Tuomilehto, J. (2001). Prevention of Type 2 Diabetes Mellitus by Changes in Lifestyle among Subjects with Impaired Glucose Tolerance. N Engl J Med, 344, 1343-1350.
84. Chicharro, (2006). Fisiología del ejercicio. España: Panamericana
85. Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., et al & Yamada, N. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. JAMA. 301(19), 2024-2035.
86. Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. International Journal of obesity. 32(1), 1-11.
87. Foss M.L. & Keteyian S.J., Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport, 1998, 6th ed., McGraw-Hill International
88. Adams, G. M. (1998). Exercise Physiology Laboratory Manual (3ra. ed., pp. 127-137). Boston: WCB/McGraw-Hill Companies

89. Brouha L, Health CW, Graybiel A. Step test simple method of measuring physical fitness for hard muscular work in adult men. *Rev Canadian Biol*, 1943 ;2:86
90. Sloan AW., A modified Harvard step test for women. *J Appl Physiol*. 1959 Nov;14:985-6
91. Montoye HJ. The Harvard step test and work capacity. *Rev Can Biol*. 1953 Mar;11(5):491-9
92. Ricci B, Baldwin K, Hakes R, Fein J, Sadowsky D, Tufts S, Wells C., Energy cost and efficiency of Harvard step-test performance. *Int Z Angew Physiol*. 1966 Apr 28;22(2):125-30.
93. Meyers CR., A study of the reliability of the Harvard step test. *Res Q*. 1969 May; 40(2): 423
94. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39 (4): 665-71.)
95. Jelleman, C. Yates, T. O'Donovan, L. Gray, J. King, A. Khunti, K. Davies, M. . (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16, 942–961
96. Acosta, E. (2012). Obesidad, tejido adiposo y resistencia a la insulina. *Acta bioquím. clín. latinoam*.46(2)sp.
97. Ibañez, J. Izquierdo<sup>1</sup>, M. Argüelles, I. Forga, L. Larrión, J. García-Unciti, M. Idoate, F. Gorostiaga, E. (2005) El Entrenamiento con Sobrecarga Progresiva Realizado Dos Veces por Semana, Disminuye la Adiposidad Abdominal y Mejora la sensibilidad a la insulina de Varones de Edad Avanzada con Diabetes de Tipo 2. *PubliCE Premium*.

98. Manterola, C. Otzen, T. (2015) Estudios Experimentales 2 Parte. Estudios Cuasi-Experimentales. *Int. J. Morphol.* 33(1):382-387.
99. Casal, J. Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev.*, 1, 3-7.
100. Arancibia, C. Galgani, J. Valderas, J. Morales, M. Santos, J. Pollak, F. (2014) Evaluación de la insulinemia post carga oral de glucosa como método diagnóstico de resistencia a la insulina. *Rev. méd. Chile*, 142, sp.
101. Olmos, P. (2003) Ejercicio y sensibilidad a la insulina. *medwave*, 9, 3-8.

## **CAPITULO 8: ANEXOS**

## Anexo 1:

### Consentimiento informado Aplicación Curva de insulina



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA



#### CONSENTIMIENTO INFORMADO (Aplicación de Curva de Insulina a mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular UMCE)

Usted ha sido invitado(a) a participar en el estudio "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) desarrollado durante 4 semanas, para mejorar la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular, impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE", tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología, a cargo de los estudiantes tesisistas, Francisca Chaparro Morales y Nicolás Montecinos Riquelme, junto al profesor guía Cesar Osorio. Como profesora patrocinante, se encuentra la kinesióloga Claudia Vidal de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

El objetivo principal de este trabajo es determinar la efectividad del entrenamiento interválico de alta intensidad, que se desarrollará a lo largo de 4 semanas, en la búsqueda de mejorar en mujeres estudiantes insulino resistentes de la UMCE, la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, estimados mediante el Harvard Step Test y la curva de insulina respectivamente.

La investigación presenta los siguientes criterios de inclusión: Mujeres con un índice de masa corporal mayor a 25, sedentarias, Insulina a los 120 minutos post carga de 75 gramos de glucosa mayor a 60 mU/L y menor a 110 mU/L, estudiante de la UMCE y pertenecientes al programa de salud cardiovascular. Los siguientes criterios de Exclusión: Limitaciones físicas y/o de salud para la realización de ejercicio, presencia de patologías respiratorias crónicas, tratamiento farmacológico (Metformina) e hipertensión arterial.

Si acepta participar en este estudio requerirá realizar un examen curva de insulina que tiene por objetivo conocer la sensibilidad de la insulina sanguínea después de 120 segundos de 75 gramos de glucosa. Derivado por un médico del Centro Médico Estudiantil UMCE posterior a un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) que posee una duración de 4 semanas. Los riesgos a los que podría estar expuesta durante la punción venosa son: Sangrado, hematoma, infección, punción arterial accidental y dolor. Este examen será realizado por un laboratorio específico, siendo los honorarios, financiados con presupuesto propio del proyecto (financiamiento interno, MYS adjudicado).

Su participación es totalmente voluntaria, sin ningún costo asociado en relación a la prueba realizada (financiamiento interno, MYS adjudicado), sin embargo, si existe la necesidad de movilización o alimentación deberá ser financiado por usted. En total necesitamos de su estadía en la investigación aproximadamente durante 2 meses, no obstante podrá abandonar la investigación sin necesidad de dar ningún tipo de explicación o excusas y sin que ello signifique algún perjuicio o consecuencia para usted, ya que su información será completamente eliminada si decide retirarse del estudio.

La totalidad de la información obtenida no será utilizada en otra investigación y será de carácter confidencial, para lo cual los informantes serán identificados con código, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita en la ficha de registro. Esta información estará bajo responsabilidad de la co-investigadora Claudia Vidal Cerda. Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación, su presentación y difusión científica será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados.

Campus Macul | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago  
Teléfono: (56-2) 22412441 | Fax: (56-2) 22412699 | Correo electrónico: [direccion.investigacion@umce.cl](mailto:direccion.investigacion@umce.cl) Sitio  
Web <http://www.umce.cl/index.php/direccion-investigacion-comite-de-etica>



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

Si desea recibir los resultados de la investigación podrá hacerlo al finalizar el estudio, contactándose con los investigadores responsables, donde se le otorgará la información de manera personal.

Su participación en este estudio no le reportará beneficios personales, no obstante, los resultados del trabajo constituirán un aporte al conocimiento acerca del beneficio costo-efectividad del HIIT como entrenamiento alternativo al ejercicio regular de intensidad moderada.

Si tiene consultas respecto de esta investigación, puede contactarse con el profesor guía Cesar Osorio Fuentealba al teléfono 84046294 o a su correo electrónico caosorof@gmail.com, dentro del siguiente horario: lunes a viernes de 9:00 a 17:00 hrs. También puede comunicarse con los estudiantes responsables del estudio, Francisca Chaparro y Nicolás Montecinos a sus correos personales: mchaparrot Francisca@gmail.com y nicolasmontecinosr@gmail.com respectivamente.

Cualquier reclamo, comentario o preocupaciones relacionadas con la conducción de la investigación o preguntas sobre sus derechos, al participar en el estudio, usted puede dirigirse a la presidenta del comité ético científico, de la Universidad de la Frontera, Dra. Claudia Barchiesi Ferrari, fono 452734114, E-mail: cec@ufrontera.cl, o concurrir personalmente a las oficinas del Comité ubicadas en calle Av. Francisco Salazar N°01145, Temuco, Pabellón B, 1° piso, sector vicerectorías en horario de 9:00 a 13:00 hrs - 14:30 a 17:00 hrs.

Por medio del presente documento declaro haber sido informado de lo antes indicado, y estar en conocimiento del objetivo del estudio "Efectividad de un entrenamiento intervalico de alta intensidad desarrollado durante 4 semanas en la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE".

Manifiesto mi interés de participar en este estudio y declaro que he recibido un duplicado firmado de este documento que reitera este hecho.

Firma Investigador Responsable Cesar Osorio: \_\_\_\_\_





UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

### ACTA DE CONSENTIMIENTO

Yo \_\_\_\_\_, Rut: \_\_\_\_\_, acepto participar voluntaria y anónimamente en la investigación "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) desarrollado durante 4 semanas, para mejorar la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular, impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE", dirigido por el Prof., César Osorio Fuentealba académico del Departamento de Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Estoy informado de que mi participación en este estudio requiere realizar un examen curva de insulina que tiene por objetivo conocer la sensibilidad de la insulina sanguínea después de 120 segundos de 75 gramos de glucosa. Derivado por un médico del Centro Médico Estudiantil UMCE posterior a un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) que posee una duración de 4 semanas. Declaro conocer que los riesgos a los que podría estar expuesta durante la punción venosa son: Sangrado, hemaloma, infección, punción arterial accidental y dolor. Este examen será realizado por un laboratorio específico, siendo los honorarios, financiados con presupuesto propio del proyecto (financiamiento interno, MYS adjudicado)

Declaro haber sido informado de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación que se me solicitará. Declaro haber sido informado/a que la participación en este estudio no involucra ningún daño o peligro para la salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negar mi participación o dejar de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de modo personal. Por último, la información que se obtenga será guardada y analizada por los investigadores, la resguardarán y sólo se utilizará para los fines de este proyecto de investigación.

Acepto participar en el presente estudio

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes



\_\_\_\_\_  
Nombre Participante

\_\_\_\_\_  
Nombre Investigador

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Fecha

## Anexo 2:

### Consentimiento informado Aplicación HIIT



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### (Aplicación de Entrenamiento Interválico de alta Intensidad a mujeres Insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular UMCE)

Usted ha sido invitado(a) a participar en el estudio "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) desarrollado durante 4 semanas para mejorar la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular, impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE", tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología, a cargo de los estudiantes tesistas, Francisca Chaparro Morales y Nicolás Montecinos Riquelme, junto al profesor guía Cesar Osorio. Como profesora patrocinante, se encuentra la kinesióloga Claudia Vidal de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

El objetivo principal de este trabajo es determinar la efectividad del entrenamiento interválico de alta intensidad, que se desarrollará a lo largo de 4 semanas, en la búsqueda de mejorar en mujeres estudiantes insulino resistentes de la UMCE, la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, estimados mediante el Harvard Step Test y la curva de insulina respectivamente.

La investigación presenta los siguientes criterios de inclusión: Mujeres con un índice de masa corporal mayor a 25, sedentarias; Insulina a los 120 minutos post carga de 75 gramos de glucosa mayor a 60 mU/L y menor a 110mU/L; estudiante de la UMCE y pertenecientes al programa de salud cardiovascular. Del mismo modos, se presentan los siguientes criterios de Exclusión: Limitaciones físicas y/o de salud para la realización de ejercicio; presencia de patologías respiratorias crónicas; tratamiento farmacológico (Metformina) e hipertensión arterial.

Si acepta participar en este estudio requerirá realizar un protocolo de entrenamiento, el cual considera un calentamiento previo de 5 minutos, además del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), el cual consiste en realizar intervalos de un minuto de ejercicio de alta intensidad en bicicleta estática, seguidos por intervalos de reposo de un minuto, completando 10 ciclos, es decir, 10 minutos de ejercicio efectivo. Finalmente una vuelta a la calma de 5 minutos, completando un total de 35 minutos de protocolo de entrenamiento. Esta actividad se efectuará de manera personal en el Campus Joaquín Cabezas perteneciente a la UMCE a cargo de Nicolás Montecinos y Francisca Chaparro, el tiempo estipulado para ella es de 35 minutos aproximadamente, 3 veces a la semana durante 1 mes.

Su participación es totalmente voluntaria, sin ningún costo asociado en relación al protocolo de entrenamiento (financiamiento interno, MYS adjudicado), sin embargo, si existe la necesidad de movilización o alimentación deberá ser financiado por usted. En total necesitamos de su estadía en la investigación aproximadamente durante 2 meses, no obstante podrá abandonarla sin necesidad de dar ningún tipo de explicación o excusas y sin que ello signifique algún perjuicio o consecuencia para usted, ya que su información será completamente eliminada si decide retirarse del estudio.

La totalidad de la información obtenida no será utilizada en otra investigación y será de carácter confidencial, para lo cual los informantes serán identificados con código, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita en la ficha de registro. Esta información estará bajo responsabilidad de la co-investigadora Claudia Vidal Cerda. Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación, su presentación y difusión científica será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados.

Campus Macul | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago  
Teléfono: (56-2) 22412441 | Fax: (56-2) 22412699 | Correo electrónico: [direccion.investigacion@umce.cl](mailto:direccion.investigacion@umce.cl)  
Web <http://www.umce.cl/index.php/direccion-investigacion-comite-de-etica>





UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

Si desea recibir los resultados de la investigación, podrá hacerlo una vez que el estudio sea finalizado, contactándose con los investigadores responsables, los cuales le otorgarán la información requerida de manera personalizada.

Su participación en este estudio no le reportará beneficios personales, no obstante, los resultados del trabajo constituirán un aporte al conocimiento acerca del beneficio costo-efectividad del HIIT como entrenamiento alternativo al ejercicio regular de intensidad moderada.

Si tiene consultas respecto de esta investigación, puede contactarse con el profesor guía Cesar Osorio Fuentealba al teléfono 84046294 o a su correo electrónico [caosoriorf@gmail.com](mailto:caosoriorf@gmail.com), dentro del siguiente horario: lunes a viernes de 9:00 a 17:00 hrs. También puede comunicarse con los estudiantes responsables del estudio, Francisca Chaparro y Nicolás Montecinos a sus correos personales: [mchaparrofrancisca@gmail.com](mailto:mchaparrofrancisca@gmail.com) y [nicolasmontecinos@gmail.com](mailto:nicolasmontecinos@gmail.com) respectivamente.

Cualquier reclamo, comentario o preocupaciones relacionadas con la conducción de la investigación o preguntas sobre sus derechos, al participar en el estudio, usted puede dirigirse a la presidenta del comité ético científico, de la Universidad de la Frontera, Dra. Claudia Barchiesi Ferrari, fono 452734114, E-mail: [cec@ufrontera.cl](mailto:cec@ufrontera.cl), o concurrir personalmente a las oficinas del Comité ubicadas en calle Av. Francisco Salazar N°01145, Temuco, Pabellón B, 1° piso, sector vicerrectorías en horario de 9:00 a 13:00 hrs - 14:30 a 17:00 hrs.

Por medio del presente documento declaro haber sido informado de lo antes indicado, y estar en conocimiento del objetivo del estudio "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad desarrollado durante 4 semanas en la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE".

Manifiesto mi interés de participar en este estudio y declaro que he recibido un duplicado firmado de este documento que reitera este hecho.

Firma Investigador Responsable Cesar Osorio: \_\_\_\_\_





UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

### ACTA DE CONSENTIMIENTO

Yo ....., Rut:....., acepto participar voluntaria y anónimamente en la investigación "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) desarrollado durante 4 semanas, para mejorar la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular, impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE", dirigido por el Prof. César Osorio Fuentealba académico del Departamento de Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Estoy informado de que mi participación en este estudio requiere realizar un protocolo de entrenamiento, el cual considera un calentamiento previo de 5 minutos, además del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), el cual consiste en realizar intervalos de un minuto de ejercicio de alta intensidad en bicicleta estática, seguidos por intervalos de reposo de un minuto, completando 10 ciclos, es decir, 10 minutos de ejercicio efectivo. Finalmente una vuelta a la calma de 5 minutos, completando un total de 35 minutos de protocolo de entrenamiento. Esta actividad se efectuará de manera personal en el Campus Joaquín Cabezas perteneciente a la UMCE a cargo de Nicolás Montecinos y Francisca Chaparro, el tiempo estipulado para ella es de 35 minutos aproximadamente, 3 veces a la semana durante 1 mes.

Declaro haber sido informado de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación que se me solicitará. Declaro haber sido informado/a que la participación en este estudio no involucra ningún daño o peligro para la salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negar mi participación o dejar de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de modo personal. Por último, la información que se obtenga será guardada y analizada por los investigadores, la resguardarán y sólo se utilizará para los fines de este proyecto de investigación.

Acepto participar en el presente estudio

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes

_____ Nombre Participante		_____ Nombre Investigador
_____ Firma		_____ Firma
_____ Fecha		_____ Fecha

Campus Macul | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago  
Teléfono: (56-2) 22412441 | Fax: (56-2) 22412699 | Correo electrónico: [direccion.investigacion@umce.cl](mailto:direccion.investigacion@umce.cl) Sitio  
Web <http://www.umce.cl/index.php/direccion-investigacion-comite-de-etica>

### Anexo 3:

## Consentimiento informado Aplicación Harvard Step Test



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### (Aplicación de Harvard Step Test a mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular UMCE)

Usted ha sido invitado(a) a participar en el estudio "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) desarrollado durante 4 semanas, para mejorar la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular, impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE", tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología, a cargo de los estudiantes tesisistas, Francisca Chaparro Morales y Nicolas Montecinos Riquelme, junto al profesor guía Cesar Osorio. Como profesora patrocinante, se encuentra la kinesióloga Claudia Vidal de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

El objetivo principal de este trabajo es determinar la efectividad del entrenamiento interválico de alta intensidad, que se desarrollará a lo largo de 4 semanas, en la búsqueda de mejorar en mujeres estudiantes insulino resistentes de la UMCE, la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, estimados mediante el Harvard Step Test y la curva de insulina respectivamente.

La investigación presenta los siguientes criterios de inclusión: Mujeres con un índice de masa corporal mayor a 25, sedentarias, Insulina a los 120 minutos post carga de 75 gramos de glucosa mayor a 60 mU/L y menor a 110mU/L, estudiante de la UMCE y pertenecientes al programa de salud cardiovascular. Los siguientes criterios de Exclusión: Limitaciones físicas y/o de salud para la realización de ejercicio, presencia de patologías respiratorias crónicas, tratamiento farmacológico (Metformina) e hipertensión arterial.

Si acepta participar en este estudio requerirá realizar el Harvard Step Test que tiene por objetivo estimar el Consumo Máximo de Oxígeno (VO2 max) utilizando la frecuencia cardiaca posterior a una prueba que consiste en subir y bajar de manera rítmica un escalón de 20 pulgadas, utilizando 1 segundo de ascenso y un segundo de descenso, durante 4 minutos o hasta alcanzar la fatiga. El test se realizará dos veces para comparar los resultados obtenidos anterior y posterior a un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) realizado durante 4 semanas. Esta actividad se efectuará de manera personal en el Campus Joaquín Cabezas perteneciente a la UMCE a cargo de Nicolas Montecinos y Francisca Chaparro, el tiempo estipulado para ella es de 4 minutos o hasta alcanzar la fatiga, definida como 15 segundos seguidos sin poder alcanzar el ritmo estipulado en la prueba.

Su participación es totalmente voluntaria, sin ningún costo asociado en relación al test a realizar (financiamiento interno, MYS adjudicado), sin embargo, si existe la necesidad de movilización o alimentación deberá ser financiado por usted. En total necesitamos de su estadía en la investigación aproximadamente durante 2 meses, no obstante podrá abandonar la investigación sin necesidad de dar ningún tipo de explicación o excusas y sin que ello signifique algún perjuicio o consecuencia para usted, ya que su información será completamente eliminada si decide retirarse del estudio.

La totalidad de la información obtenida no será utilizada en otra investigación y será de carácter confidencial, para lo cual los informantes serán identificados con código, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita en la ficha de registro. Esta información estará bajo responsabilidad de la co-investigadora Claudia Vidal Cerda. Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación, su presentación y difusión científica será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados.

Campus Macul | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago  
Teléfono: (56-2) 22412441 | Fax: (56-2) 22412699 | Correo electrónico: [direccion.investigacion@umce.cl](mailto:direccion.investigacion@umce.cl)  
Web <http://www.umce.cl/index.php/direccion-investigacion-comite-de-etica>





UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE  
LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

Si desea recibir los resultados de la investigación podrá hacerlo al finalizar el estudio, contactándose con los investigadores responsables, donde se le otorgará la información de manera personal.

Su participación en este estudio no le reportará beneficios personales, no obstante, los resultados del trabajo constituirán un aporte al conocimiento acerca del beneficio costo-efectividad del HIIT como entrenamiento alternativo al ejercicio regular de intensidad moderada.

Si tiene consultas respecto de esta investigación, puede contactarse con el profesor guía Cesar Osorio Fuentealba al teléfono 84046294 o a su correo electrónico caosorio@gmail.com, dentro del siguiente horario: lunes a viernes de 9:00 a 17:00 hrs. También puede comunicarse con los estudiantes responsables del estudio, Francisca Chaparro y Nicolás Montecinos a sus correos personales: mchaparrofrancisca@gmail.com y nicolassmontecinos@gmail.com respectivamente.

Cualquier reclamo, comentario o preocupaciones relacionadas con la conducción de la investigación o preguntas sobre sus derechos, al participar en el estudio, usted puede dirigirse a la presidenta del comité ético científico, de la Universidad de la Frontera, Dra. Claudia Barchiesi Ferrari, fono 452734114, E-mail: cac@ufrontera.cl, o concurrir personalmente a las oficinas del Comité ubicadas en calle Av. Francisco Salazar N°01145, Temuco, Pabellón B, 1° piso, sector vicerrectorías en horario de 9:00 a 13:00 hrs - 14:30 a 17:00 hrs.

Por medio del presente documento declaro haber sido informado de lo antes indicado, y estar en conocimiento del objetivo del estudio "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad desarrollado durante 4 semanas en la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE".

Manifiesto mi interés de participar en este estudio y declaro que he recibido un duplicado firmado de este documento que reitera este hecho.

Firma Investigador Responsable Cesar Osorio: \_\_\_\_\_



Campus Mañal | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago  
Teléfono: (56-2) 22412441 | Fax: (56-2) 22412699 | Correo electrónico: [direccion.investigacion@umce.cl](mailto:direccion.investigacion@umce.cl) Sitio  
Web <http://www.umce.cl/index.php/direccion-investigacion-comite-de-etica>



**ACTA DE CONSENTIMIENTO**

Yo ....., Rut:....., acepto participar voluntaria y anónimamente en la investigación "Efectividad de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) desarrollado durante 4 semanas, para mejorar la capacidad aeróbica y la sensibilidad a la insulina, en mujeres insulino resistentes pertenecientes al Programa de Salud Cardiovascular, impartido por el Centro Médico Estudiantil de la UMCE", dirigido por el Prof. César Osorio Fuentealba académico del Departamento de Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Estoy informado de que mi participación en este estudio requiere realizar el Harvard Step Test que tiene por objetivo estimar el Consumo Máximo de Oxígeno (VO2 max) utilizando la frecuencia cardíaca posterior a una prueba que consiste en subir y bajar de manera rítmica un escalón de 20 pulgadas, utilizando 1 segundo de ascenso y un segundo de descenso, durante 4 minutos o hasta alcanzar la fatiga. El test se realizará dos veces para comparar los resultados obtenidos anterior y posterior a un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) realizado durante 4 semanas. Esta actividad se efectuará de manera personal en el Campus Joaquín Cabezas perteneciente a la UMCE a cargo de Nicolás Montecinos y Francisca Chaparro, el tiempo estipulado para ella es de 4 minutos o hasta alcanzar la fatiga, definida como 15 segundos seguidos sin poder alcanzar el ritmo estipulado en la prueba.

Declaro haber sido informado de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación que se me solicitará. Declaro haber sido informado/a que la participación en este estudio no involucra ningún daño o peligro para la salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negar mi participación o dejar de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de modo personal. Por último, la información que se obtenga será guardada y analizada por los investigadores, la resguardarán y sólo se utilizará para los fines de este proyecto de investigación.

Acepto participar en el presente estudio

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes

_____		_____
Nombre Participante		Nombre Investigador
_____		_____
Firma		Firma
_____		_____
Fecha		Fecha

**Anexo 4**

**Ficha de Evaluación**

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Rut: \_\_\_\_\_ Carrera: \_\_\_\_\_ Condición de base: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Talla: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_ %Grasa \_\_\_\_\_ Pc/ICC: \_\_\_\_\_

Antecedentes Mórbidos

DLP \_\_\_\_\_ OB \_\_\_\_\_ Fármacos: \_\_\_\_\_

TB \_\_\_\_\_ OH \_\_\_\_\_

SD \_\_\_\_\_

Antecedentes familiares:

Antecedentes Socioeconómicos:

Exámenes

Col total:

Col HDH.

LDL/VLDL:

Triglic.:

Glic./TTGO

**Insulinemia:**

**Harvard Step Test (HST)**

**PA inicial =** \_\_\_\_\_

**FC reposo =** \_\_\_\_\_

HST	1`	2`	3`	4`
FC				
SSF				

Post HST	1` - 1,5`	2`-2,5`	3` - 3,5`
Pulsaciones cardiacas			
SSF			

**Duración de la Prueba**

**VO2max estimado**

--	--

**PA final =** \_\_\_\_\_

**FC final =** \_\_\_\_\_

## Anexo 5

### Ficha Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT)

Nombre:  
 Edad:  
 Carrera:  
 Condición de base:  
 Peso:  
 Talla:  
 IMC:  
 FC max:  
 % de trabajo:

VO2 inicial:	VO2 final:
Insulina inicial:	Insulina final:

#### HIIT

	PA Pre HIIT	FC pre HIIT		1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	FC post HIIT	PA post HIIT
1			FC HIIT												
			SSF HIIT												
			FC pausa												
			SSF pausa												
2			FC HIIT												
			SSF HIIT												
			FC pausa												
			SSF pausa												
3			FC HIIT												
			SSF HIIT												
			FC pausa												

			SSF pausa																
4			FC HIIT																
			SSF HIIT																
			FC pausa																
			SSF pausa																
5			FC HIIT																
			SSF HIIT																
			FC pausa																
			SSF pausa																
6			FC HIIT																
			SSF HIIT																
			FC pausa																
			SSF pausa																
7			FC HIIT																
			SSF HIIT																
			FC pausa																
			SSF pausa																
8			FC HIIT																
			SSF HIIT																
			FC pausa																
			SSF pausa																
			FC HIIT																

9			SSF HIIT														
			FC pausa														
			SSF pausa														
10			FC HIIT														
			SSF HIIT														
			FC pausa														
			SSF pausa														
11			FC HIIT														
			SSF HIIT														
			FC pausa														
			SSF pausa														
12			FC HIIT														
			SSF HIIT														
			FC pausa														
			SSF pausa														

Observaciones:

---



---



---